

# Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

DIRECTEUR : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur honoraire  
du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.

La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

## CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

### § 1. — Nécrologie.

#### Le Professeur Louis Joubin.

Le 25 avril 1935, après une longue et pénible maladie, le Prof. Louis Joubin s'est éteint doucement.

Né à Epinal, le 27 février 1861, d'une famille d'universitaires dont toutes les attaches sont en Anjou, Louis Joubin conquiert rapidement ses diplômes de docteur ès sciences (1885) et le docteur en Médecine (1888). Chargé d'abord de la direction du laboratoire maritime de Banyuls-sur-Mer (1883), puis de celui de Roscoff (1885), il est, en 1888, nommé Maître de conférences de zoologie à la Faculté des sciences de Rennes, puis professeur titulaire (1896) et enfin doyen (1902). L'année suivante (1903), il était appelé à la chaire de Malacologie du Muséum national d'Histoire naturelle qu'il devait occuper jusqu'à sa mort.

Dès son arrivée au Muséum, le Professeur L. Joubin sut grouper autour de lui un noyau de savants, de travailleurs et de spécialistes très avertis auxquels il confia l'étude d'une partie des immenses collections dont il avait la garde. Il s'occupa lui-même activement des Céphalopodes, des Brachiopodes et des Némertes, édita rapidement les résultats scientifiques des deux mémorables expéditions antarctiques du Docteur J. Charcot et contribua très largement, comme secrétaire général du Comité, à l'érection de la statue de son illustre prédécesseur, le chevalier J.-B. de Lamarck.

Mais son enseignement et ses recherches au Muséum ne lui suffisaient pas. Collaborateur de S. A. S. le Prince Albert I<sup>er</sup> de Monaco, il fut chargé, en 1904,

de l'enseignement de l'Océanographie biologique dans le Nouvel Institut que le Prince venait de créer à Paris.

Les vastes connaissances de biologie marine que possédait le Prof. L. Joubin le désignaient tout naturellement à l'attention du Ministre de la Marine marchande lorsqu'il devint indispensable, après la guerre, de réorganiser le service des pêches. Aussi fut-il chargé de l'organisation et de la direction du nouvel Office scientifique et technique des pêches maritimes (1920-1925) dont il resta le conseiller technique lorsqu'il en eut passé la direction à son collaborateur Ed. Le Danois. Entre autres œuvres de premier ordre, c'est au Prof. L. Joubin que l'on doit, en collaboration avec M. le Président Th. Tissier, l'élaboration et la mise au point définitive du contrôle sanitaire des Mollusques comestibles qui eut, sur la santé publique, des conséquences si heureuses. Pendant cette période de sa vie, le Prof. L. Joubin participa (en qualité de président de la section scientifique) aux Congrès des pêches maritimes et prit une part active aux commissions internationales pour l'étude des mers où il jouissait d'une autorité incontestée.

Les ouvrages scientifiques publiés par le Prof. L. Joubin sont universellement connus. Ses travaux de Science pure, qui font autorité, se rapportent à divers groupes d'animaux : les Brachiopodes, les Némertes, les Céphalopodes, les Coraux, travaux ayant pour bases les collections des grands Musées français et étrangers et les matériaux recueillis au cours des expéditions océanographiques.

Cette longue suite de travaux féconds fut récom-



pensée par une brillante élection à l'Académie des Sciences où le Prof. L. Joubin succéda, en 1921, à son célèbre maître Yves Delage. Il avait été honoré des plus hautes distinctions étrangères et il était Commandeur de la Légion d'honneur.

Je ne veux pas insister davantage. Je dirai quelque jour, en détail, quelle fut l'œuvre scientifique du Prof. L. Joubin. Mais, constamment à ses côtés, depuis plus de trente ans, c'est avec émotion que je salue ici la mémoire du savant éminent dont je m'honore d'avoir été l'élève préféré, le collaborateur et l'ami. L'homme que fut le Prof. L. Joubin, tous ceux qui ont eu le bonheur de l'approcher en garderont un souvenir ineffaçable. Foncièrement bon il avait su, parvenu au faite des honneurs, garder une sincère et noble modestie. Sa souriante bienveillance était bien connue des jeunes universitaires qui trouvaient en lui un appui efficace. Aussi n'avait-il que des amis. Un Maître est parti pour le grand voyage, un Maître parmi ceux, si rares, qui ne se remplacent pas.

Louis GERMAIN.

## § 2. — Géologie.

### Un projet de sondage très profond dans la région parisienne.

La nature du sous-sol profond de la région parisienne n'est pas connue. Paris occupe le centre d'un bassin de subsidence où les couches géologiques atteignent un maximum d'épaisseur. L'intérêt pratique des sondages profonds a été démontré très tôt dans la région de Paris, qui privée d'eau potable, dut chercher les eaux artésiennes de l'Albien.

Dès 1828, un puits est foré à Suresnes, mais il est abandonné à la profondeur de 200 mètres. Le Conseil municipal de Paris décida le forage du puits de Grenelle qui fut terminé en 1841 après avoir atteint une profondeur de 548 mètres. Depuis cette époque une cinquantaine de puits artésiens ont été forés aux environs immédiats de Paris, fournissant quotidiennement 200.000 mètres cubes d'eau potable.

D'autre part, une grande quantité de forages exé-

cutés dans tout le Bassin de Paris, à la recherche d'eau, de pétrole, de charbon ou de fer, ont fourni des données géologiques importantes qui ont été coordonnées par M. Paul Lemoine<sup>1</sup>.

Dans la région parisienne proprement dite, les forages poussés jusqu'aux environs de 600 mètres s'arrêtaient toujours dans les sables verts de l'Albien. Depuis 1930 toutefois, trois nouveaux puits ont atteint le Crétacé inférieur : Orsay, 655 mètres; Poissy, 580 mètres; Ivry, 745 mètres<sup>2</sup>.

Ces indications nouvelles et les progrès de la technique des sondages ont fait renaître un projet, qui, exécuté, comblerait le vœu des géologues : un sondage très profond dans la région parisienne<sup>3</sup>.

Ce projet a été accueilli favorablement par le Conseil municipal de Paris. Le sondage serait de l'ordre de 2.000 mètres, profondeur qu'il est aisé d'atteindre avec l'outillage actuel, en prélevant des carottes. Le sondage de Molières-sur-Cèze (Gard) a été poursuivi jusqu'à 1.700 mètres. La durée des travaux, variable avec la profondeur et la nature des roches, a curieusement évolué depuis cent ans. Le forage et le tubage du puits artésien de Grenelle (548 mètres) ont demandé 7 ans et trois mois, du 24 décembre 1833 au 26 février 1841. Parmi les forages récents, celui de Villeneuve-la-Garenne (782 mètres) a été achevé en 102 jours (6 juin-15 septembre 1934).

Souhaitons donc la réalisation effective de ce projet qui nous permettrait de préciser la géologie profonde du Bassin de Paris et d'en tirer d'importants enseignements, théoriques et pratiques.

R. FURON.

1. P. LEMOINE : Résultats géologiques des sondages profonds du Bassin de Paris. *B. S. Ind. Miner.*, 1910; Géologie du Bassin de Paris, 1911; Liste complémentaire des sondages profonds du Bassin de Paris. *B. Museum Hist. Nat.*, 1930.

2. P. LEMOINE, R. HUMERY, R. SOYER : *B. Museum Hist. Nat.*, 1933, p. 501 et *C. R. Ac. Sc.*, 1934, t. 199, p. 1633.

3. P. LEMOINE, R. HUMERY, R. SOYER : *L'Eau*, 1935, n° 6.



## REVUE DE PHYSIOLOGIE

Depuis 1930, il paraît en Amérique une revue annuelle de Biochimie; elle constitue un tome comprenant environ 600 pages, et est rédigée par plus de 25 collaborateurs.

L'effort physiologique contemporain est aussi vaste, il permettrait annuellement une revue d'égale importance.

Nous avons donc dû nous limiter à l'exposé de quelques problèmes, ceux qui sont le plus étudiés actuellement. Notre but principal a été de faire connaître les progrès récents, souvent remarquables, qui ont été faits au cours de ces dernières années.

Notre tâche a été grandement facilitée par les rapports que la Société de Biologie et l'Association des Physiologistes ont eu l'heureuse idée de mettre à l'ordre du jour et de discuter dans leur réunion annuelle. On consultera aussi avec profit les conférences publiées par la Société de Chimie biologique, les *Physiological Reviews*, l'*Annual Review of Biochemistry*, etc. Cette première revue est consacrée à l'étude des fonctions de nutrition.

### I. — Vitamines.

VITAMINES. — Des progrès remarquables ont été accomplis au cours de ces dernières années dans le domaine des vitamines. Les plus importantes de ces substances ont été obtenues à l'état défini ou sous une forme concentrée, de haute activité physiologique; et l'étude de leurs actions spécifiques et non spécifiques a fait l'objet de très nombreux travaux. Nous ne pouvons en donner ici qu'un aperçu très sommaire.

Huit à neuf vitamines différentes sont actuellement connues, dont cinq ont pu être isolées à l'état pur ou presque pur.

D'après les phénomènes de déficience que leur absence provoque on distingue: la vitamine A ou vitamine de croissance, B<sup>1</sup> vitamine antinévrétique (contre le Béri-Béri), B<sup>2</sup> vitamine antipellagreuse; C vitamine antiscorbutique; D vitamine antirachitique; E vitamine de reproduction. Les vitamines B<sup>3</sup>, B<sup>4</sup> et H sont moins connues; H serait un principe agissant sur la peau.

VITAMINE A. — Contenue en abondance dans le foie de Poissons, le beurre, le jaune d'œuf, l'abricot, etc., elle se forme dans l'organisme animal à partir du carotène (Moore et Euler). Elle se rapproche chimiquement de l' $\alpha$  et du  $\beta$  carotène, car elle fournit, comme ceux-ci, l'acide géronique par oxydation à l'ozone, montrant qu'elle contient le même squelette de  $\beta$  ionone.

M. Karrer est arrivé, en partant d'une vitamine A, spécialement purifiée, à donner sa formule, qui fut ensuite prouvée par la synthèse d'un de ses dérivés. La présence du squelette  $\beta$  ionone semble indispensable pour qu'une substance puisse agir comme provitamine A, car tous les pigments caroténoïdes privés de ce squelette, sont sans influence sur la croissance (lycopine, phytoxanthines, etc.).

La Vitamine de croissance joue également un rôle anti-infectieux encore mal connu. D'après Harris, les infections locales observées au cours de l'avitaminose A sont d'un type spécial, elles sont sans relation avec les infections observées en clinique et les toxémies provoquées par des agents pathogènes spécifiques, elles proviennent secondairement de l'altération des membranes de protection (altération de la cornée, de la peau, des épithéliums), qui permet l'invasion de l'organisme par des microorganismes non virulents.

Parmi les autres lésions observées, on a signalé en outre des lésions du système osseux et des dents (Simola, Wolbach et Howe), des lésions nerveuses (Mellanby). D'après Wald (1934) le pourpre rétinien et d'autres pigments de l'œil sont élaborés à partir de la vitamine A. Le cycle serait le suivant: la vitamine A apportée à la rétine par la circulation, se combine avec une protéine pour donner le pourpre rétinien; celui-ci, par une réaction photochimique est ensuite transformé en « jaune visuel », qui se décompose en donnant naissance à la vitamine A et à d'autres produits incolores. Wald a aussi décrit un nouveau pigment caroténoïde, le « rétinène », dérivé, comme artéfact, du jaune visuel, qui peut être extrait en quantité des rétines des animaux adaptées à l'obscurité, mais non des rétines des animaux adaptés à la lumière, où il est remplacé par de la vitamine A nouvellement formée.



**VITAMINE B<sup>1</sup>.** — Elle a été isolée à l'état cristallisé par Windaus, par Peters, par Otake. Sa formule globale serait  $C^{12}H^{16}N^4OS$ .

Les recherches récentes tendent à lui faire jouer un rôle important dans le mécanisme d'oxydation des glucides, en particulier dans l'utilisation de l'acide lactique (Peters, Sinelair).

D'après une hypothèse intéressante, en accord avec des faits connus, elle participerait au mécanisme d'un système diastasique d'oxydation, et aussi d'un système de déshydrogénation, jouant un rôle analogue à celui d'un co-enzyme. D'après J. Harris, la Vitamine B<sup>1</sup> est nécessaire pour maintenir le rythme normal du cœur chez le Rat, elle empêche la bradycardie qui se manifeste lorsque l'acide lactique augmente, et disparaît lorsque cet acide diminue. Il semble d'autre part exister une association chimique entre l'adénine et la Vitamine B<sup>1</sup> car le sulfate d'adénine irradié, quoique non identique chimiquement, possède une action sur la croissance, analogue à la vitamine B<sup>1</sup>. Elle a essentiellement un rôle antinévritique. Prickett qui a étudié histologiquement les lésions nerveuses de l'avitaminose B<sup>1</sup> estime que les lésions responsables des troubles nerveux de la polyneuropathie siègent plutôt dans le système nerveux central que dans le système nerveux périphérique.

**VITAMINE B<sup>2</sup>.** — Elle a été identifiée en 1934 avec un pigment soluble, qui a été depuis longtemps signalé dans le lait, sous le nom de « lactochrome » que l'on appelle actuellement « lactoflavine ». Sa formule globale, d'après l'analyse élémentaire est  $C^{17}H^{20}N^4O^6$ .

La Flavine du jaune d'œuf (ovoflavine) semble identique chimiquement avec celle du lait (lactoflavine) mais on trouve encore des flavines dans d'autres tissus (muscle, foie, etc.). La découverte de l'activité vitaminique des flavines est due à Kuhn, György et Wagner-Jauregg. Une solution concentrée de vitamine B<sup>2</sup> a une couleur jaune vif, et une fluorescence verte intense caractéristique. La flavine représente le groupement prosthétique du ferment jaune d'oxydation de Warburg. La combinaison du colorant flavine avec un albuminoïde a les propriétés d'un enzyme, qui est de première importance, et que l'organisme animal ne peut synthétiser.

On tend actuellement à attribuer aux flavines un rôle dans les processus d'oxydation cellulaire. Wagner-Jauregg et ses collaborateurs ont observé un parallélisme très net entre l'intensité respiratoire du foie et du muscle et la teneur de ces organes en flavines; ils pensent que les flavines sont des accepteurs naturels d'hydrogène dans

les processus de déshydrogénation du muscle. Elles pourraient aussi servir de transporteurs d'oxygène pour les tissus, car leurs solutions sont décolorées par les tissus, en particulier en présence d'acide lactique, d'acide succinique ou d'aldéhyde. Le ferment jaune (complexe protéin-flavine) est considéré par Warburg et Christian non seulement comme un intermédiaire pour le transport de l'oxygène, mais aussi comme un enzyme servant à la respiration, en l'absence d'oxygène.

**VITAMINE C.** — La vitamine C a été identifiée récemment avec un principe réducteur, que l'on trouve en quantité dans certaines plantes (citron, orange, paprika, etc.). Ce principe, isolé par Szent-Györgyi est l'acide hexuronique; il possède les mêmes propriétés antiscorbutiques que la vitamine C, et a été, pour cette raison, dénommé « acide ascorbique » par Szent-Györgyi et Haworth. Sa synthèse a pu être faite au cours de ces dernières années par Haworth et ses collaborateurs, travaillant à Birmingham.

La vitamine C est présente dans l'organisme animal dans la cortico-surrénale, le tissu interstitiel du testicule et le corps jaune (Giroud et Leblond).

Son action physiologique paraît liée en grande partie à son pouvoir réducteur. Harris et Ray ont montré que dans le scorbut, les tissus ont perdu leur teneur normale en acide ascorbique, et que les lésions que l'on observe, en particulier celles des surrénales, sont liées avec cette perte. L'acide ascorbique fixe énergiquement l'oxygène et joue un rôle important comme transporteur d'oxygène; il peut être considéré comme un élément essentiel du système respiratoire cellulaire. La consommation d'oxygène est diminuée, dans le scorbut, la respiration de coupes de tissus provenant d'un animal scorbutique est diminuée, elle est restaurée par addition d'acide ascorbique (Harrison). D'après Birch et Dann, l'acide ascorbique et la glutathion sont deux facteurs liés dans le système d'oxydation cellulaire.

**VITAMINE D.** — L'accord n'est pas fait sur la formule exacte de la vitamine D, en ce qui concerne les positions des doubles liaisons et du groupe hydroxyle sur le noyau de l'ergostérol (Rosenheim et King, Windaus, Heilbron). La question s'est posée de savoir s'il n'existe pas dans la nature plusieurs formes de vitamine D. Ender a préparé un extrait concentré de vitamine D à partir de l'huile de foie de Poisson, qui diffère par ses propriétés chimiques et physiques du matériel synthétique préparé à partir de l'ergo-



stérol irradié (contredit par Dalmer, Werder et Moll).

Deux théories s'opposent pour expliquer l'action de calcification de la vitamine D. La première, suivant laquelle la vitamine D agit en stimulant les parathyroïdes, a été soutenue par Taylor, Brannon et Kay, par Hess, etc. et combattue par Harris et Parks, qui ont montré que l'action des parathyroïdes sur le métabolisme du calcium, diffère fondamentalement de l'action de la vitamine D.

Dans l'avitaminose D (Chien) l'administration de vitamine D diminue l'excrétion fécale de Ca et de P, effet que ne possède pas la parathyroïde, qui élève la calcémie en mobilisant le calcium en réserve dans les os, et provoque une perte de calcium.

D'après Dale, Marble et Marks, la parathyroïdectomie totale n'empêche pas, ou ne diminue pas sensiblement, l'intoxication fatale produite par de fortes doses de calciférol. Harris a insisté sur le fait que la vitamine D agit surtout en augmentant l'absorption nette (net-absorption) de calcium et de phosphore.

A l'état normal, le calcium absorbé dans la partie supérieure de l'intestin est ré-excrété dans la partie inférieure. La vitamine D aurait pour fonction principale de réduire la ré-excrétion, action que ne produit pas l'activité des parathyroïdes (confirmé par Morgan).

## II. — Digestion.

SÉCRÉTION ET MOTRICITÉ DE L'ESTOMAC. — Brenckmann, Deloyers et Johnson (1929) ont repris une ancienne expérience de Claude Bernard, qui avait localisé les zones gastriques de sécrétion de l'acide chlorhydrique, par injection au Lapin du lactate de fer et du ferrocyanure de potassium. Le bleu de Prusse, qui ne se forme qu'en milieu acide, caractérise les zones de sécrétion acide.

Ils ont modifié la technique. Chez un Chien en digestion, la muqueuse gastrique a été badigeonnée avec un mélange de ferrocyanure de potassium, d'hydroxyde de fer, mélange qui vire au bleu en présence d'un acide. L'expérience montre que seule la région du fundus se colore. D'autre part, Fontaine et Hermann ont observé que l'extirpation de l'antra empêche la sécrétion acide du fundus, ce qui laisse supposer que la sécrétion alcaline de l'antra commande la sécrétion acide du fundus.

La sécrétine gastrique d'Edkins, hormone d'origine antrale, qui passerait dans la circulation et servirait d'excitant au fundus, reste hypothétique.

On sait toutefois que l'extrait antral, administré *per os* active la sécrétion acide du fundus.

Aux excitants nombreux de la sécrétion et de la contractilité de l'estomac, il faut ajouter un autre excitant humoral, le taux du glucose du sang, dont l'action a été étudiée par J. La Barre (1931).

Le syndrome « faim et crampes d'estomac », qui apparaît habituellement au début du jeûne, avait été étudié par Cannon et Washburn (1911). Ils ont observé un certain synchronisme entre l'apparition de la faim et des grandes contractions gastriques. Ce même syndrome a été souvent observé depuis l'emploi de l'insuline en thérapeutique. Il apparaît pendant la phase d'hypoglycémie post-insulinique, et la question s'est alors posée de savoir si la baisse du taux du sucre du sang représente la cause première des troubles gastriques, ou s'il s'agit d'une action directe de l'insuline sur la contractilité gastrique.

Les recherches expérimentales de J. La Barre ont démontré que l'hypermotilité de l'estomac se manifeste dans tous les cas d'hypoglycémie (injection d'insuline, hépatectomie), et qu'elle a pour cause une stimulation des centres nerveux supérieurs par l'hypoglycémie (expériences de circulation encéphalique croisée). Les centres glycosensibles n'ont pu être localisés avec précision, mais il semble que les centres thalamiques jouent le rôle le plus important.

En même temps que la contractilité est activée par l'hypoglycémie, le suc gastrique est sécrété en quantité abondante et présente une forte acidité. Cette hypersécrétion cesse dès que l'on relève le taux du sucre sanguin à son niveau normal.

Les expériences de circulation céphalique croisée, suivant la technique des Heymans, ont aussi démontré l'existence d'une stimulation hypoglycémique des centres supérieurs, qui se transmet à l'estomac par l'intermédiaire des pneumogastriques.

LA MOTRICITÉ INTESTINALE. — Sous le titre « l'automatisme intestinal des Vertébrés, et sa régulation » G. Morin a publié (1935) un important travail, qui contient des faits nouveaux et une riche documentation.

L'automatisme intestinal, comme l'automatisme cardiaque, a opposé longtemps les neurogénistes et les myogénistes. La découverte récente des réglages humoraux, a permis d'édifier une nouvelle théorie de l'automatisme, la théorie humorale, suivant laquelle le travail longitudinal et circulaire des muscles intestinaux serait réglé par des substances encore indéterminées, présentes dans la paroi de l'intestin (Demoor, 1934).



G. Morin a conclu de l'examen critique des données histologiques et des données expérimentales que la théorie myo-neurogène est seule capable de concilier les faits observés.

A son avis, les trois modalités essentielles de l'automatisme intestinal ont des origines différentes. Les mouvements pendulaires ainsi que les mouvements de segmentation rythmique paraissent indépendants du système nerveux, ils sont vraisemblablement myogènes.

Les mouvements péristaltiques, qui opèrent un travail coordonné, seraient sous la dépendance du système nerveux intramural, le péristaltisme serait neurogène.

Les expériences d'intestin isolé ont montré que la musculature intestinale est capable de régler son activité sans l'intervention d'une régulation extrinsèque. Cependant, à l'état normal, le système nerveux extra-intestinal intervient pour coordonner les mouvements de l'intestin, intervention encore bien mal connue.

On admet classiquement que les nerfs splanchniques, qui appartiennent au système sympathique, exercent une action tonique inhibitrice sur l'intestin, leur section entraînant de l'hypercinésie, mais la nature et l'origine des excitations réflexogènes responsable du tonus n'ont pas été déterminées.

A ce point de vue Hermann et Morin ont fait l'étude d'un réflexe inhibiteur intestino-intestinal, qui paraît bien être un réflexe d'autorégulation, s'exerçant normalement.

Les auteurs ont constaté que l'augmentation de la pression intra-intestinale détermine le relâchement et l'arrêt de mouvements de l'intestin. Il s'agit d'un réflexe proprioceptif (intestino-intestinal), qui emprunte à l'aller et au retour la voie des splanchniques et a pour centre la moelle, entre la cinquième ou sixième paire thoracique et la deuxième paire lombaire.

A l'état normal, les excitations réflexogènes mécaniques et chimiques dues à la progression du chyme et au déversement des sucs entretiendraient le tonus du centre intestino-inhibiteur médullaire.

Enfin, le réflexe intestino-intestinal loin de s'opposer au jeu des appareils périphériques lui créerait des conditions éminemment favorables.

R. C. Garry a publié récemment (1934) une intéressante revue sur les mouvements du gros intestin.

### III. — Sang et liquides du milieu intérieur.

LES PIGMENTS RESPIRATOIRES DU SANG; LE TRANSPORT DE O<sup>2</sup> ET DE CO<sup>2</sup>. — La fonction principale

du sang et des liquides homologues (liquide célomique des Invertébrés) est le transport vers les tissus de l'oxygène puisé dans le milieu extérieur, et l'évacuation du déchet acide carbonique provenant des combustions.

La série animale offre une grande diversité de moyens utilisés pour ce transport.

Deux importants rapports ont été présentés à Nancy, en 1934, à l'Association des Physiologistes, sur ce sujet.

J. Roche a étudié, au point de vue biochimique, les pigments respiratoires du sang transporteurs d'oxygène.

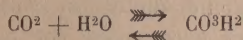
Ces pigments, au nombre de quatre, sont des chromoprotéides, contenant du fer (Hémoglobines, Chlorocruorines, Hémérythrine (Siponcle), ou du cuivre (Hémocyanines du sang des Céphalopodes, des Crustacés, etc.). Leurs caractères généraux (capacité de combinaison avec les gaz, spectre, propriétés peroxydasiques) appartiennent au groupe prosthétique, ils sont modifiés par la partie protéique, qui varie dans les divers représentants d'un même type de molécule.

Le rapport de M. Florkin a pour titre « la fonction respiratoire du milieu intérieur dans la série animale ». On y trouvera une étude critique bien documentée des questions suivantes : 1° le pouvoir oxyphorique du milieu intérieur et des hématies; 2° le mécanisme de l'oxygénation des transporteurs d'oxygène, l'effet Bohr; 3° le mécanisme de l'absorption de CO<sup>2</sup> par les différents milieux intérieurs, l'effet Haldane; 4° les corrélations entre les caractères des courbes d'absorption (*in vitro*) des différents sangs et liquides célomiques, et les caractères des animaux dont ils proviennent; 5° le cycle respiratoire chez divers animaux (*Sipunculus nudus*, *Urechis campo*, *Busycon canaliculatum*, *Lolilo pealei*, *Raia ocellata*, *Cheyledra serpentina*, Canard, Oie, Cheval, Homme).

Une question qui paraissait résolue et qui vient d'être rénovée est celle du transport de CO<sup>2</sup> par le sang des Vertébrés. Roughton (1935) en a fait une étude approfondie. En 1928, on admettait que CO<sup>2</sup> est transporté sous forme de gaz carbonique dissous, d'acide carbonique (CO<sup>2</sup>H<sup>2</sup>) et de bicarbonate (CO<sup>3</sup>NaH); et l'on pensait que le retour de l'ion chlore des globules vers le plasma, lors de l'oxygénation du sang au niveau du poumon, suffisait à expliquer, au moins en partie, le dégagement de CO<sup>2</sup> à partir du bicarbonate et son passage dans l'air alvéolaire. Actuellement, le problème du transport et du dégagement de CO<sup>2</sup> est envisagé différemment, à la suite de Henriques, dont les premiers travaux ont paru en 1928.



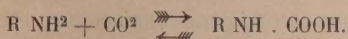
Cet auteur a attiré alors l'attention sur la rapidité avec laquelle  $\text{CO}_2$  quitte le sang au niveau du poumon, malgré que, d'après Faurholt (1904), les réactions réversibles d'hydratation et de déshydratation de  $\text{CO}_2$ , suivant l'équation



soient très lentes.

D'autre part, Henriques a montré que  $\text{CO}_2$  se dégage du sang beaucoup plus vite qu'il ne se dégage du système  $\text{CO}^3\text{H}^2$ ,  $\text{CO}^3\text{NaH}$ , et que  $\text{CO}_2$  se dégage de l'hémoglobine avec la même vitesse que du sang. Il a été ainsi conduit à envisager deux hypothèses pour expliquer ces faits : l'une suivant laquelle  $\text{CO}_2$  existerait dans le sang sous une forme différente de la forme  $\text{CO}^3\text{H}^2$ ,  $\text{CO}^3\text{NaH}$ ; l'autre suivant laquelle le sang contiendrait un catalyseur capable de libérer  $\text{CO}_2$ .

La combinaison de  $\text{CO}_2$  autre que  $\text{CO}^3\text{H}^2$  et  $\text{CO}^3\text{NaH}$  serait la carbhémoglobine, combinaison de  $\text{CO}_2$  avec l'hémoglobine, dont Bohr (1909) avait déjà admis l'existence. La carbhémoglobine est considérée comme un composé carbaminé, se formant et se décomposant très rapidement, suivant la réaction réversible :

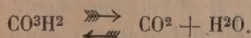


La fixation de  $\text{CO}_2$  par l'ammoniaque, par certains acides aminés et peptides (Faurholt, 1925; Meldrum et Roughton, 1933) vint à l'appui de la formation de cette combinaison.

F. J. W. Roughton et ses collaborateurs, ont réussi à démontrer la présence de  $\text{CO}_2$  sous forme de composé carbaminé dans les solutions d'hémoglobine à l'état normal.

On trouvera dans la revue de Roughton sur le transport de  $\text{CO}_2$  par le sang (1935) un exposé détaillé de ces recherches. Cet auteur pense que, chez les Mammifères, environ 15 %, et même plus, de  $\text{CO}_2$  transporté par le sang pendant le cycle respiratoire, est transporté par le mécanisme alternant du type carbaminé. La formation des composés carbaminés s'effectuant plus facilement à basse température, il est probable que ce mécanisme joue un rôle encore plus important chez les animaux à sang froid.

La deuxième hypothèse émise par Henriques pour expliquer le rapide dégagement de  $\text{CO}_2$  du sang au niveau du poumon a été, elle aussi, vérifiée. Le sang contient, en effet, un catalyseur capable de libérer  $\text{CO}_2$ . Ce catalyseur est une diastase, l'anhydrase carbonique, contenue dans les hématies, qui catalyse la réaction réversible



Brinckman et Margaria (1931) ont montré tout d'abord que le sang ou l'hémoglobine, même à la dilution de 1 pour 20.000, accélère considérablement la vitesse de dégagement de  $\text{CO}_2$  dans des solutions contenant un mélange de bicarbonate et de substances tampons à pH normal. L'anhydrase carbonique a été préparée à partir des hématies de bœuf (Meldrum et Roughton, 1933; Van Goor, 1934). Le plasma n'en contient pas. Son rôle physiologique consiste à libérer  $\text{CO}_2$  des ions bicarbonates au niveau des poumons, libération qui s'effectue exclusivement dans les hématies.

Pour 100 parties de  $\text{CO}_2$  passant du sang dans l'air alvéolaire (sujet au repos), 10 ont pour origine des ions bicarbonates, 10 viennent de  $\text{CO}_2$  dissous préformé, et 10 de composés carbaminés de  $\text{CO}_2$  avec l'hémoglobine. Parmi les 70 parties provenant du bicarbonate, un centième seulement peut provenir du plasma qui ne contient pas d'anhydrase carbonique, et l'on peut admettre pratiquement que tout le bicarbonate décomposé qui donne naissance à  $\text{CO}_2$  au niveau du poumon se trouve dans les hématies. Il se divise en deux parts : l'une représentée par le bicarbonate contenu dans les hématies avant que le sang parvienne au poumon, l'autre représentée par le bicarbonate qui passe du plasma dans les cellules, lorsque le sang circule à travers les capillaires pulmonaires, alors qu'inversement les ions chlore passent des hématies vers le plasma.

D'après l'étude comparée des courbes de dissociation de  $\text{CO}_2$  pour le plasma et pour des solutions d'hémoglobine, Roughton pense que un tiers seulement de  $\text{CO}_2$  excrété à partir des bicarbonates vient du bicarbonate préformé dans les hématies, les deux tiers restant (correspondant à 50 p. 100 de  $\text{CO}_2$  total excrété) provenant du bicarbonate qui pénètre par migration du plasma dans les hématies, lors de l'oxygénation du sang et subit alors l'action de l'anhydrase carbonique.

#### IV. — Circulation.

LA FRÉQUENCE CARDIAQUE. — L'innervation extrinsèque joue un rôle prépondérant dans la régulation de la fréquence cardiaque; elle comprend l'innervation vagale cardio-inhibitrice et l'innervation sympathique cardio-accélatrice.

D'après les recherches récentes (Hering 1927, Koch, 1931, C. Heymans 1929-1933), le tonus des nerfs vagues cardio-modérateurs n'est pas dû à une activité autonome du centre cardio-modérateur bulbaire, il est d'origine réflexe. Les excitations modératrices naissent continuellement au niveau des zones sensibles réflexogènes cardio-aortiques



et sino-carotidiennes et sont transmises par les deux nerfs dépresseurs de Ludwig-Cyon, et les deux nerfs sino-carotidiens de Héring. Expérimentalement, la section ou la paralysie de ces quatre nerfs provoque, en effet, une accélération cardiaque identique à celle qui est produite par la section des nerfs vagues; elle a pour cause la prédominance du tonus sympathique, responsable de la tachycardie et de l'hypertension concomitantes.

Parmi les facteurs qui règlent le tonus vagal le plus important est la pression artérielle, au niveau des zones vasosensibles. L'hypotension diminue le tonus cardiomodérateur (tachycardie des hypotendus, des hémorragiques), et, inversement, l'hypertension augmente le tonus (brachycardie des hypertendus). D'après Bainbridge (1920), la pression endovasculaire au niveau de la veine cave et de l'oreillette droite modifie aussi par voie réflexe le tonus cardio-modérateur.

L'influence du chimisme humoral sur le fonctionnement du centre cardio-modérateur, en particulier l'action de la teneur du sang en  $\text{CO}_2$ , a été précisée. Les résultats n'ont pas confirmé l'opinion des physiologistes, qui, se basant sur la bradycardie observée dans l'asphyxie (Traube) et sur la tachycardie de l'hyperventilation pulmonaire (Henderson), avaient admis que la veinosité du sang joue un rôle essentiel dans le maintien du tonus des nerfs cardio-inhibiteurs. C. Heymans, Bouckaert et Samaan (1933, 1934) ont étudié l'action du  $\text{CO}_2$  et de  $\text{O}_2$  sur les éléments centraux et périphériques de l'innervation vagale, avec la technique de la tête isolée uniquement reliée à son tronc par les nerfs vagues, ou encore après énérvation des zones sensibles réflexogènes et exclusion des surrénales. Dans ces conditions, ils ont constaté qu'à l'exception des limites assez extrêmes de l'asphyxie et de l'hypercapnie la teneur en  $\text{CO}_2$  du sang n'a pas d'influence ni centrale ni périphérique sur le système cardio-modérateur vagal. Pour augmenter l'excitabilité du centre cardio-vagal, le sang doit être très fortement chargé en  $\text{CO}_2$  (inhalation de 10 à 20 % de  $\text{CO}_2$ ). La tachycardie consécutive au déficit de  $\text{CO}_2$  dans le sang (sang acapnique par hyperventilation) a pour cause l'hypotension artérielle au niveau des zones vaso-sensibles, et non une action directe humorale sur le système cardio-inhibiteur.

Par contre, l'anoxémie et l'anémie centrale aiguë stimulent d'abord, puis paralysent, le centre cardio-vagal.

Dans les conditions physiologiques on peut admettre que le tonus cardio-inhibiteur bulbaire est régi principalement par les variations de la pres-

sion sanguine au niveau des zones réflexogènes aortiques et sino-carotidiennes, mais ce mécanisme fondamental n'est cependant pas exclusif. Hermann, Jourdan et Vial (1934) ont étudié l'influence des mouvements respiratoires sur le tonus et l'excitabilité du centre cardio-modérateur bulbaire. Leurs expériences ont consisté à sectionner progressivement, pour éviter le choc traumatique, la moelle cervicale du Chien en  $\text{C}^1$  (chien spinal) et à observer les rapports entre la fréquence cardiaque et les mouvements respiratoires.

Lorsque la section est totale, les mouvements respiratoires cessent, la fréquence cardiaque diminue immédiatement et progressivement, et la pression artérielle baisse. Il suffit de rétablir artificiellement les mouvements respiratoires pour constater que le cœur s'accélère et que la pression artérielle remonte.

Les auteurs ont pu démontrer que c'est en diminuant l'excitabilité et le tonus des centres cardio-modérateurs, que la respiration artificielle accélère le rythme cardiaque. Le centre cardio-vagal est donc soumis à des excitations réflexes agissant en sens inverse, les unes d'origine aortique et sino-carotidienne augmentant son excitabilité et tendant à diminuer la fréquence cardiaque, les autres d'origine pulmonaire, liées aux mouvements respiratoires, diminuant son excitabilité et tendant ainsi à accélérer la fréquence cardiaque.

Le système cardio-accélérateur est antagoniste du système cardio-inhibiteur; les nerfs accélérateurs du cœur appartiennent, comme on sait, au système sympathique. Leur activité dépend des centres cardio-accélérateurs, elle s'exerce d'une manière continue, en sens inverse de l'activité vagale cardio-inhibitrice. D'après McDowall (1934), Jourdan (1934), les centres cardio-accélérateurs sont stimulés directement par l'anémie, l'anoxémie et l'hypercapnie, alors que l'excitabilité périphérique du sympathique cardiaque est déprimée par ces mêmes facteurs.

L'accélération cardiaque observée pendant la surventilation pulmonaire, a pour cause une augmentation réflexe du tonus cardio-accélérateur, provoquée par l'hypotension artérielle, la chute de pression agissant par l'intermédiaire des zones sensibles aortiques et sinusiennes et libérant ainsi le tonus cardio-accélérateur central.

Parmi les facteurs hormonaux, de régulation de la fréquence cardiaque, un des plus importants paraît être la vagotonine, hormone pancréatique différente de l'insuline, dont l'action a été étudiée par Santenoise et ses élèves.



LA RÉGULATION DE LA PRESSION ARTÉRIELLE. — R. J. S. McDowall a publié récemment (1935) une revue très documentée sur le contrôle nerveux des vaisseaux sanguins.

D. Cordier et C. Heymans ont consacré un chapitre de leur rapport sur le « centre respiratoire » aux relations fonctionnelles entre la respiration et la circulation, dans lequel on trouvera un schéma très clair des mécanismes principaux de la régulation du tonus vaso-moteur artériel (p. 170).

En ce qui concerne le tonus des centres vaso-moteurs, leur conclusion est la suivante : « le tonus et l'activité des centres vaso-moteurs encéphalo-bulbaires et spinaux, centres de la régulation neuro-vasculaire et adrénalinique de la pression artérielle, dépendent de la pression artérielle au niveau des zones vaso-sensibles réflexogènes aortiques et sinusiennes, et de la concentration humorale en  $\text{CO}_2$  et en oxygène, facteurs humoraux qui influencent les centres vaso-moteurs d'une manière directe et réflexe. Les voies centrifuges tant vaso-dilatatrices que vaso-constrictrices de cette régulation du tonus vaso-moteur et de la pression artérielle suivent la voie anatomique du système sympathique chez le Chien. »

L'importance fondamentale des zones cardio-aortiques et sino-carotidiennes pour la régulation de la pression artérielle à l'état normal a été démontrée par la section des nerfs vaso-aortiques et sino-carotidiens, qui provoque chez le Chien une élévation considérable et permanente de la pression artérielle (de 12-14 à 25-30 cm. Hg).

Ces nerfs sont donc des freinateurs permanents du tonus vaso-constricteur central. L'hypertension artérielle, déterminée ainsi, fait défaut chez le chien totalement sympathectomisé (Bacq, Brouha et Heymans, 1934), ce qui montre que l'activité des centres vaso-presseurs sympathiques est entretenue par des stimulations réflexes d'origine sympathique.

La pression artérielle de l'animal hypertendu par privation de ses nerfs freinateurs diminue et peut revenir à la normale pendant l'état de repos complet, le sommeil, et certaines intoxications (Samaan, 1934; Heymans et Bouckaert, 1934; Koch, 1934).

L'accord paraît être fait entre les physiologistes sur le rôle essentiel des centres vaso-moteurs du bulbe dans le maintien de la pression artérielle.

La question de la participation des centres médullaires a été récemment discutée. Les recherches de H. Hermann et ses collaborateurs, F. Jourdan, G. Morin et J. Vial, faites sur l'animal « spinal », c'est-à-dire sur le Chien chlora-

losé ayant subi la section de la moelle en  $\text{C}^1$  lentement et progressivement pour éviter le choc traumatique, ont montré (1934) qu'après l'opération la pression artérielle se stabilise le plus souvent à un niveau de 8 cm. de mercure, environ, et s'y maintient longtemps. Gayet a obtenu, de son côté, des plateaux de 7 cm. de Hg chez des Chiens non chloralosés, ayant subi une section de la moelle cervicale, suivant le procédé de Pavlov.

Ces faits sont en faveur de la participation de la moelle au maintien de la pression artérielle, participation faible, car le chien spinal ne maintient sa pression que si on ne le touche pas. Il suffit de le déplacer, de le retourner, pour provoquer une hypotension durable (Hermann).

Mais on pouvait supposer que la pression résiduelle de l'animal spinal était maintenue, non par la moelle, mais par des actions périphériques (activité vaso-tonique des ganglions sympathiques périphériques et des cellules sympathiques des parois des artérioles, action locale des métabolites).

Il semble bien en être ainsi dans une large mesure. Hermann, Morin et Vial viennent, en effet, de démontrer (1935) qu'après destruction totale de la moelle dorso-lombo-sacrée la pression artérielle du Chien, qui baisse de 6 à 8 cm. Hg immédiatement après l'opération, se relève rapidement et redevient voisine de la normale. L'expérience, de longue durée, montre l'importance des mécanismes périphériques dans la régulation. Le rôle vaso-constricteur des ganglions de la chaîne sympathique a été établi chez la Grenouille par Hermann et Guiran (1934). Ils ont observé directement au microscope le calibre des artérioles de la membrane interdigitale et constaté que le tonus artériolaire se reforme après destruction de la moelle et après section du sciatique. Signalons enfin que le tonus vaso-moteur périphérique est influencé par le chimisme humoral, en particulier par  $\text{CO}_2$ , qui est un vaso-dilatateur périphérique (A. Mougeot, 1933).

Chez le Chien privé de sa moelle, l'inhalation de  $\text{CO}_2$  provoque une vaso-dilatation (Hermann, 1934).

D'autres métabolites, tels que l'acide lactique, l'histamine, l'acétylcholine et le besoin tissulaire d'oxygène, ont également une action vaso-dilatatrice locale. Les vaisseaux bulbaires sont particulièrement sensibles à l'action de  $\text{CO}_2$  et des métabolites (Schmidt et Pierson, 1933). Dans différents états de choc (choc anaphylactique, choc peptonique, choc histaminique) le collapsus vasculaire est d'origine périphérique, car il s'observe



chez le Chien totalement privé de sa moelle comme chez l'animal intact (Hermann et Morin, 1935).

LA RÉGULATION DU DÉBIT CIRCULATOIRE DU CERVEAU. — A. K. M. Noyons, d'Utrecht, a présenté à la Société de Biologie (8 juin 1935) un important rapport sur cette question, qui a récemment fait l'objet d'intéressantes recherches.

Le débit circulaire encéphalique peut actuellement être mesuré avec précision, par la méthode de la « Thermoströmuhr » de Rein, qui s'applique aux vaisseaux afférents et efférents du cerveau, ou mieux, par la méthode thermo-électrique à gradient chaud de Noyons, qui permet de mesurer le débit sanguin dans le tissu cérébral lui-même.

Par rapport aux autres organes, le débit circulaire du cerveau est relativement très grand, les tissus cérébraux ayant un besoin immédiat et très élevé d'oxygène. Le facteur mécanique du débit, dont l'importance est capitale dans la régulation, est représenté par la différence de pression existant entre la pression artérielle et la pression veineuse (Théorie de Monro-Kellie).

La question controversée est celle de réactions neuro-vasomotrices locales capables d'intervenir dans la régulation du débit circulaire. M. et D. Scheider (1934) ont admis l'existence d'un réflexe de vaso-dilatation cérébrale, ayant son champ récepteur dans l'artère méningée moyenne. Gollwitzer-Meier et Eckardt (1935), qui ont constaté une augmentation du débit circulaire à la suite de l'occlusion de quelques voies artérielles du cerveau, ont expliqué le fait par une dilatation réflexogène du domaine collatéral et hétérolatéral.

Bouckaert et Heymans ont donné une autre interprétation de ces faits. A leur avis, les sinus carotidiens constituent des zones vaso-sensibles et réflexogènes qui protègent le cerveau contre l'anémie, l'hyperthémie et l'hypertension.

Cette protection ne s'effectue pas activement, c'est-à-dire par modification du calibre des vaisseaux cérébraux (réflexe vaso-dilatateur ou vaso-constricteur local), mais *passivement*, le sang étant dérivé des organes splanchniques et périphériques vers le cerveau dans le cas d'hypotension artérielle, et inversement, le sang de la circulation centrale étant dévié vers les organes somatiques dans le cas d'hypertension.

A cette régulation hydrodynamique principale, s'exerçant par l'intermédiaire de la pression endo-sino-carotidienne, s'ajoute la régulation locale du tonus des vaisseaux cérébraux, qui sont particulièrement sensibles à l'action vaso-dilatatrice lo-

cale des métabolites, en particulier de  $\text{CO}_2$ , d'après les recherches de C. F. Schmidt, de Gibbs et de Noyons.

En résumé Heymans considère la circulation encéphalo-bulbaire comme autonome, ne participant pas activement à la régulation vaso-motrice de la circulation; et Noyons admet que « le plus puissant régulateur du débit cérébral est à rechercher parmi les éléments nerveux prenant leur origine dans le sinus carotidien ».

Parmi les facteurs accessoires capables de modifier le débit circulaire cérébral, la respiration joue un rôle important. Au moment de l'inspiration l'augmentation du vide pleural aspire, comme on sait, le sang veineux, qui provient en grande partie du cerveau. D'autre part, l'inspiration est responsable de la teneur en  $\text{O}_2$  et  $\text{CO}_2$  du sang artériel, teneur qui influence le débit circulaire cérébral par l'intermédiaire des zones sino-carotidiennes, sensibles à ces deux gaz.

L'adrénaline paraît n'exercer qu'une action directe insignifiante sur le calibre des vaisseaux centraux; elle est cependant capable d'agir indirectement sur le débit circulaire cérébral par sa grande action sur la distribution générale du sang.

Sous l'influence d'une rotation intense l'anémie cérébrale s'installe et peut entraîner la mort par manque d'oxygène; ces troubles n'apparaissent pas après suppression du sinus carotidien.

La conclusion de Noyons est la suivante :

« Le cerveau prend dans l'organisme une place tout à fait exceptionnelle, il réclame, de par sa nature dominante, un apport ininterrompu et abondant de sang d'excellente qualité »... « Vis-à-vis du cerveau, les autres organes remplissent le rôle d'humbles serviteurs, qui doivent régler leur activité, en réservant toujours au cerveau son débit invariable de sang ».

## V. — Respiration.

LE CENTRE RESPIRATOIRE (d'après Cordier et C. Heymans).

Les mouvements respiratoires sont réglés par les centres respiratoires, dont on a précisé la localisation anatomique au cours de ces dernières années. Lumsden (1923) ayant pratiqué chez le Chat des sections du mésocéphale à diverses hauteurs, a observé des types respiratoires particuliers : 1° le type « apneuse » caractérisé par des inspirations lentes, profondes et prolongées; 2° le type « gasping », spasmodique, consistant en de profonds et brefs soupirs (gaps), qui s'entremêlent avec des spasmes inspiratoires incoordonnés. Il a conclu de ses recherches que la respiration



rythmique est gouvernée par un centre inspiratoire, le centre apneustique, situé au niveau des stries acoustiques, et par un centre expiratoire placé juste au-dessous de ce niveau, les deux centres étant contrôlés par un centre supérieur, le centre pneumotaxique, situé dans la moitié supérieure du Pont.

Il existerait, en outre, près de la pointe du calamus, un autre centre, le « gasping centre » que l'auteur a considéré comme le vestige d'un centre respiratoire primitif, intermédiaire entre les centres de la respiration branchiale et ceux de la respiration pulmonaire.

Les travaux de Teregulow (1928) de V. E. Henderson et Sweet (1930) n'ont pas confirmé la conception de Lumsden.

Barcroft (1934) a repris l'étude du « gasping » et de l'« apneusis ». A son avis, le gasp, qu'il considère comme un effet inspiratoire maximum (inspiration forte), est le phénomène fondamental de la respiration, et le gasping centre est le véritable centre respiratoire; il fonctionne toujours au maximum et produirait une hyperventilation inutile s'il n'était pas freiné.

Le freinage, c'est-à-dire l'inhibition inspiratoire qui transforme le « gasp » en respiration normale, s'effectuerait sous l'action d'impulsions nées dans les muscles respiratoires et l'arbre aérifère, passant en majeure partie par le vague.

Barcroft a conclu qu'il n'existe que deux centres respiratoires, l'un inspiratoire, l'autre expiratoire, situés au niveau du « gasping centre » de Lumsden (d'accord avec Teregulow, Henderson et Sweet).

La question si controversée des centres respiratoires médullaires, a fait l'objet de nouvelles recherches. Beccari (1935) admet l'existence de centres respiratoires médullaires. Il a observé après section de la moelle entre C<sup>1</sup> et C<sup>2</sup>, chez des animaux maintenus en vie par la respiration artificielle, la reprise spontanée de la respiration après un temps variable (30 minutes à 5 heures suivant l'âge de l'animal). En outre, il a constaté qu'après extirpation des ganglions étoilés, les mouvements respiratoires médullaires spontanés du Chien « spinal » apparaissent plus vite et sont plus amples. Par contre, Hermann et ses élèves (1934) ont fait les plus expresses réserves sur l'existence de centres respiratoires médullaires chez le Chien adulte. Ils ont seulement constaté chez le Chien « spinal », lors de la suspension de la respiration artificielle, des mouvements dypnéiques de la face, mais pas de mouvements respiratoires du thorax ou du diaphragme.

Le centre respiratoire est autonome; il fonc-

tionne rythmiquement, même lorsque, totalement isolé, il ne reçoit aucun influx centripète. Adrian et Buytendyck (1931) ont enregistré chez le Poisson les courants d'action rythmique du centre isolé. Son automatisme fondamental est, comme on sait, sous le contrôle de facteurs chimiques et de facteurs nerveux qui modifient son activité.

Le contrôle chimique direct de la Respiration a fait l'objet du Chapitre IV du rapport de D. Cordier et C. Heymans. On y trouvera un exposé très clair et une discussion critique approfondie des deux théories qui s'affrontent actuellement : 1<sup>o</sup> la théorie dite « hématogène », suivant laquelle le facteur principal de la régulation est le sang (variations du pH, teneur en CO<sup>2</sup>, en O<sup>2</sup>); 2<sup>o</sup> la théorie « centrogène », suivant laquelle le métabolisme propre du centre règle la respiration, le métabolisme du centre étant d'ailleurs sous la dépendance de la composition chimique du milieu qui l'environne.

La théorie dite de la « réaction », suivant laquelle la régulation chimique spécifique de la respiration est la concentration en ions H du sang, théorie soutenue encore récemment par Winterstein et Frühling (1934), tend à être abandonnée, car elle ne peut expliquer l'augmentation de la ventilation qui s'accompagne d'acalose (surventilation aux hautes altitudes, dans l'anémie, l'hémorragie, etc.).

De plus en plus, on admet que le régulateur chimique humoral, agissant comme excitant spécifique des centres, est l'acide carbonique.

D'après Douglas et Havard (1932) l'inhalation d'acide carbonique augmente très fortement la ventilation pulmonaire, sans modification sensible du pH sanguin.

La teneur en oxygène du sang agit sur le centre, elle entraîne des modifications du métabolisme propre du centre, dont la sensibilité est diminuée dans le cas de sang suroxygéné et augmentée dans le cas de manque d'oxygène.

La théorie « centrogène » de la respiration, conçue par Winterstein, a été soutenue surtout par Gesell et ses collaborateurs. D'après cet auteur, ce sont les variations du pH du centre respiratoire, bien plus que celles du pH du sang qui règlent la respiration. L'excès d'acide carbonique dans le sang acidifie le centre, l'acide carbonique pénétrant très facilement dans les cellules; le manque d'oxygène produit le même effet acidifiant, la quantité d'acide lactique formé *in situ*, dans le centre, augmentant lorsque son approvisionnement en oxygène est déficient.

Acide carbonique et acide lactique ont un effet additif sur l'activité fonctionnelle du centre. Cette



théorie ne représente, à vrai dire, qu'une théorie provisoire dont le principal mérite est de répondre aux faits mieux que les autres théories.

Le contrôle réflexe de la Respiration a fait l'objet de recherches importantes, qui ont démontré que l'activité du centre respiratoire est influencée par des impulsions qui prennent naissance dans le système circulatoire au niveau de la zone vaso-sensible des sinus carotidiens et de la région cœur-aorte.

Les expériences de tête isolée de J. F. et C. Heymans, de tête et crosse aortique isolées des mêmes auteurs, ont montré que l'hypertension dans la zone cardio-aortique inhibe la respiration par voie réflexe, alors qu'inversement l'hypotension stimule l'activité du centre respiratoire.

Les sinus carotidiens se comportent comme la région cœur-aorte, et les modifications réflexes de l'activité du centre respiratoire en rapport avec la pression intra-sinusienne s'observent pour des variations très faibles de pression, d'ordre physiologique. En outre, l'énervation des deux sinus carotidiens a pour effet d'augmenter la fréquence et l'amplitude de la respiration en même temps que la pression artérielle s'élève, ce qui montre que les nerfs sino-carotidiens exercent normalement une action tonique inhibitrice sous l'action du centre (C. Heymans et J. Bouckaert).

Ainsi, se trouvent éclaircies dans une large mesure les relations complexes entre la ventilation pulmonaire et la circulation.

La question s'est posée de savoir si les excitants humoraux du centre respiratoire (déficit d'oxygène, excès d'acide carbonique) ne seraient pas capables d'agir sur le centre par voie réflexe, par l'intermédiaire des zones vaso-sensibles. Les recherches expérimentales qui ont été faites dans cette direction (C. Heymans, Bouckaert et Dautrebande, Gayet, Bennati et Quivy, etc.) ont montré que les sinus carotidiens sont très sensibles à  $\text{CO}_2$  et qu'il suffit de perfuser les sinus isolés avec du sang riche en  $\text{CO}_2$  (le centre recevant du sang normal), pour constater de l'hyperpnée.

À côté du mécanisme central d'action du  $\text{CO}_2$  se place le mécanisme réflexe, mais il est difficile de déterminer leur part respective dans la régulation de la respiration.

Pour ce qui est du besoin d'oxygène, il stimule le centre respiratoire, surtout par les voies réflexogènes aortiques et sino-carotidiennes, d'après C. Heymans, Bouckaert et Dautrebande, mais l'anoxémie excite aussi directement le centre respiratoire avant de le déprimer et de le paralyser.

## VI. — Foie.

**LE GLYCOGÈNE HÉPATIQUE.** — La capacité limite de formation du glycogène dans le foie, a été étudiée par Butsch, qui a administré du glucose, par injection intraveineuse continue, à des Chiens non anesthésiés. Lorsque l'injection a duré un temps assez long, la glycémie s'élève brusquement, et s'accompagne de glycosurie. Le taux du glycogène dans le foie peut alors atteindre 18 à 22 p. 100 et dans le muscle 2 à 4 p. 100; il n'augmente pas si l'on poursuit l'injection de glucose.

La destinée du glycogène hépatique est considérée comme relativement simple. Le glycogène se transforme en glucose qui passe en circulation et contribue à maintenir la glycémie à un taux constant. Sous l'action du système nerveux (nerfs glycosécréteurs) et sous l'action de l'adrénaline, la mobilisation est accélérée. Cette conception classique reste exacte, mais certains travaux récents laissent supposer que le glycogène hépatique peut aussi disparaître sans passer par la forme glucose, peut-être en se transformant en lipides.

Anselmino et Hoffmann ont récemment retiré du lobe antérieur de l'hypophyse une hormone (?) qui fait disparaître le glycogène hépatique sans augmenter la glycémie. Les faits expérimentaux qui les ont conduits à cette découverte sont les suivants : 1° Du sérum de sang de Rat, recueilli lorsque l'animal a absorbé du glucose, est injecté à un autre Rat, il fait baisser considérablement (80 p. 100) son glycogène hépatique. La même dose de sérum, provenant d'un animal à jeun est sans action; 2° l'ultrafiltrat du sérum de sang humain recueilli deux heures après absorption de sucre possède la même action glyco-génolytique; 3° l'injection d'ultrafiltrat de lobe antérieur de l'hypophyse abaisse le glycogène hépatique dans les mêmes proportions sans déterminer de l'hyperglycémie; 4° chez le Chien hypophysectomisé, l'hormone glyco-génolytique n'apparaît pas dans le sang après un repas sucré.

**Les dépôts de graisse dans le foie.** — C. H. Best (de Toronto) et ses collaborateurs J. Hershey, Hunstmann, Ridout ont observé que la choline s'oppose à l'infiltration graisseuse du foie, ce qui laisse supposer qu'elle est nécessaire à la conservation d'un fonctionnement hépatique normal. Tout d'abord (1933) ils ont observé que le foie de Chiens dépancréatés, maintenus en survie par injection d'insuline, subissait la dégénérescence graisseuse, et que l'on pouvait éviter ce trouble, en ajoutant à la ration des animaux, du pancréas de bœuf. Ils ont vu que la substance



active était contenue dans l'extrait phospholipidique du pancréas et s'identifiait avec la choline, partie constituante des lécithines.

La choline empêche encore l'infiltration due à une alimentation trop riche en graisses et en cholestérol (Rats), ou provoquée par le jeûne. L'action de la choline s'exerce spécifiquement sur les dépôts de graisse du foie, les autres réserves de graisses ne sont pas touchées. Il est probable, mais non démontré, que la choline active l'oxydation des graisses neutres et des esters du cholestérol au niveau du foie.

Aubertin, Lacoste et Castagnou (1935) ont observé la dégénérescence graisseuse du foie chez les Chiens à canaux pancréatiques sectionnés. La dégénérescence est progressive et s'étend de la périphérie vers le centre du lobule.

## VII. — Excrétion.

### Les Fonctions du tube urinifère.

LE GLOMÉRULE DE MALPIGHI. — Son rôle fonctionnel de filtration, admis depuis longtemps par les physiologistes qui basaient leur opinion sur le dispositif vasculaire glomérulaire (système porte artériel), est actuellement démontré.

Wearn et Richards (1925) ont réussi, en effet, chez la Grenouille, à prélever au moyen d'une micro-pipette le liquide filtrant dans la cavité glomérulaire, et ont constaté la présence d'urée, de chlorure, et aussi de glucose. Signalons que la présence de glucose est nettement en faveur de la théorie de la résorption, car on n'en retrouve pas de traces dans l'urine. D'autres recherches, en particulier celles de Cordier et Gérard (1933), ont montré, en outre, que les substances colloïdes de haute dispersion (trypan-blau, carminates de lithium ou d'ammoniaque, etc.) peuvent filtrer par le glomérule, alors que les colloïdes moins dispersés sont régulièrement arrêtés (bleu de Prusse soluble, solution colloïdale de cholestérol, etc.). Bayliss, Kerridge et Russell (1933) ont vu que, chez les Mammifères, le glomérule est perméable aux protéines dont le poids moléculaire est inférieur à 70.000 (gélatine, ovalbumine, hémoglobine). Toutes ces recherches ont démontré en définitive que la perméabilité du glomérule est plus grande qu'on ne le pensait, que non seulement l'eau, mais encore tous les cristalloïdes diffusibles (et expérimentalement les colloïdes de haute dispersion) forment l'urine primitive.

L'histophysiologie comparée a mis en évidence d'autres faits intéressants, qui laissent supposer que, dans la série des Vertébrés, l'intensité de la diurèse est conditionnée par le nombre et par le développement des glomérules. C'est ainsi que

les Poissons de mer qui vivent dans un milieu hypertonique éliminent très peu d'urine et présentent une forte réduction du volume des glomérules (Marshall et Smith, 1930; Nash, 1931), alors que chez les Téléostéens d'eau douce, dont la diurèse est abondante, les glomérules sont beaucoup plus volumineux. D'après Cordier (1928) la richesse du réseau filtrant glomérulaire des Reptiles est en rapport étroit avec la densité de l'urine, et, dans la série Chéloniens, Ophidiens, Lézards, la surface filtrante va en diminuant.

On s'est préoccupé de déterminer le volume du filtrat glomérulaire. Cushny avait supposé que l'intensité de la filtration glomérulaire est indiquée par le débit de l'urée. Si le plasma contient 200 mgr. par litre, et que les reins éliminent en une heure 100 c.c. d'urine contenant 1.000 mgr. d'urée, la filtration a porté en une heure sur cinq litres de plasma, ce qui correspond à un filtrat glomérulaire de 83 c.c. par minute. Plus tard Rehberg ayant constaté que l'urine humaine pouvait renfermer 100 fois plus de créatinine, et seulement 60 fois plus d'urée, qu'un volume égal de plasma, a admis que l'urée est partiellement et passivement réabsorbée, et que, pour calculer le volume du filtrat glomérulaire, on doit se baser non sur la concentration de l'urée, mais sur celle de la créatinine.

Mais des recherches postérieures ont montré que la créatinine, lorsqu'elle est ingérée et passe en surcharge dans l'organisme, est éliminée en partie par le tube urinifère (42 p. 100, chez l'Homme).

D'après les travaux les plus récents (Clarke et Smith, 1932; Marshall, 1932) l'épreuve du xylose est la meilleure pour mesurer le filtrat glomérulaire, ce corps filtrant bien au niveau du glomérule et n'étant pas réabsorbé par le tube.

Cette épreuve, faite comparativement dans la série, a montré que les Vertébrés inférieurs qui excrètent très peu d'urine (Téléostéens marins, Reptiles) ont un filtrat glomérulaire faible (0,1 à 4,0 c.c. par kilo-heure), alors que ceux dont la diurèse est plus forte (Téléostéens d'eau douce, Amphibiens) ont un filtrat glomérulaire plus abondant (10 à 40 c.c.). Pour les Vertébrés supérieurs le volume du filtrat glomérulaire s'élève beaucoup; il atteint 36 à 93 c.c. par kilo-heure pour le Poulet, et 92 à 327 c.c. pour le Chien.

En résumé, le glomérule est un appareil de dialyse qui commande en quelque sorte l'intensité de la diurèse. Il apparaît, en outre, que certains corps, tels que les sucres (glucose, xylose, lactose) et l'albumine, sont éliminés exclusivement par le glomérule. Marshall (1930) a étu-



dié comparativement l'excrétion rénale de sucre chez des Poissons marins (Lophobranches) dont le rein ne possède pas de glomérules et chez d'autres Poissons dont le rein possède des glomérules. Seuls les Poissons possédant un rein glomérulaire ont présenté de la glycosurie après injection de glucose. D'après Bieler (1931), l'albuminurie est impossible chez les Poissons dont le rein est aglomérulaire.

**LE TUBE CONTOURNÉ PROXIMAL.** — A partir du glomérule, le tube urinifère comprend divers segments dont les fonctions sont encore mal connues.

Le tube contourné proximal fait suite au glomérule, il est constant dans toute la série; il possède une bordure en brosse et est nettement différencié au point de vue morphologique. Sa double polarité laisse supposer qu'il peut intervenir dans deux directions, d'une part pour la résorption de certains constituants filtrés au niveau du glomérule et d'autre part, pour la sécrétion active de certains constituants.

On tend à admettre actuellement, d'après les recherches de physiologie comparée, que primitivement, chez les Vertébrés inférieurs, sa fonction est surtout sécrétoire, et que cette fonction se perd à mesure que l'on s'élève dans la série pour faire place à la fonction de résorption.

Chez les Mammifères, par exemple, la sécrétion tubulaire n'interviendrait qu'éventuellement, lorsque le taux des corps à éliminer atteindrait dans le sang un chiffre anormalement élevé (R. Cordier). Enfin, en se basant sur sa haute différenciation histologique (appareil mitochondrial développé, zone de Golgi avec vacuoles), on a tendance à localiser au niveau du tube contourné proximal les fonctions *internes* du rein bien étudiées par Justin-Besançon (1930), dont les principales sont la sécrétion d'ammoniaque, qui prend une part importante dans le maintien de l'équilibre acide-base de l'organisme chez l'Homme et les carnivores, et la formation par synthèse d'acide hippurique.

Chez les Lophobranches, dont le rein est aglomérulaire, toute la fonction rénale est assurée par un tube simple correspondant au tube contourné proximal, qui fonctionne exclusivement comme un appareil de sécrétion. D'après Marshall, l'urine des Lophobranches est peu abondante, elle contient de la créatinine et des sulfates en quantité plus forte que le plasma. Après injection de rouge de phénol, celui-ci apparaissait dans l'urine à une concentration beaucoup plus forte que dans le sang (150 fois). Par contre, le rein est incapable d'éliminer les sucres, l'albumine, et certaines substances étrangères (ferrocyanure).

Chez les Vertébrés inférieurs la sécrétion tubulaire a été retrouvée; elle est considérée comme prépondérante chez les Vertébrés dont le rein contient peu de glomérules ou des glomérules ayant une faible surface filtrante (Téléostéens marins, Oiseaux, Reptiles, Lézards, Serpents). La majeure partie de l'acide urique, qui est, comme on sait, le déchet azoté principal des Oiseaux et des Reptiles, est excrétée par le tube (Gibbs, 1929; Marshall, 1932). Chez la Grenouille, l'urée est en partie excrétée par le tube, d'après Marshall, qui a constaté que le taux d'urée de l'urine est nettement supérieur au taux de l'urée du filtrat glomérulaire, calculé d'après le volume de ce filtrat (établi par la méthode au xylose).

Pour les Mammifères les avis sont plus partagés. Les uns attribuent à la sécrétion tubulaire un rôle très accessoire, la sécrétion étant considérée comme un « résidu » de la fonction primitive; d'autres, au contraire, et récemment P. Feyel (1935), considèrent que le tube a conservé son rôle de véritable glande à sécrétion élective.

Ce problème difficile a été abordé par deux méthodes: 1° par l'étude comparée du filtrat glomérulaire et de l'urine définitive; 2° par l'étude histo-chimique des processus de résorption au niveau du tube contourné.

A vrai dire, la première méthode renseigne seulement sur la capacité de résorption de la totalité du tube urinifère, elle est basée sur le principe suivant. Le glomérule est seul capable d'excréter le xylose injecté, ce qui permet de calculer le volume du filtrat glomérulaire (en c.c. par heure et par kilo) d'après la quantité de xylose qui passe dans l'urine. Lorsqu'un constituant normal de l'urine apparaît après injection ou ingestion, à un taux relativement plus élevé que celui du xylose, ce corps a été excrété en partie par le tube urinifère. Il en est ainsi pour la créatinine, dont 40 à 50 p. 100 sont éliminés par le tube, chez le Chien et chez l'Homme, après injection ou ingestion de créatinine.

La deuxième méthode consiste à étudier histo-chimiquement la fonction de résorption au niveau du tube contourné. Il ne semble pas que le tube contourné réabsorbe l'eau, car, malgré sa présence dans toute la série, l'urine de nombreux Vertébrés inférieurs (Poissons, Amphibies, Reptiles) n'est jamais hypertonique par rapport au plasma (Smith, 1932). Il est, par contre, très probable qu'il réabsorbe le glucose présent dans le filtrat glomérulaire et absent dans l'urine. La réabsorption porterait sur les substances à seuil, mais ces substances étant reprises par la circu-



lation au fur et à mesure de leur résorption, il est pratiquement impossible de saisir leur passage à travers le tube. Dans ces conditions, on a utilisé des substances étrangères moins diffusibles, qui, injectées dans la circulation, filtrent au niveau des glomérules.

D'après Gérard et Cordier, les colorants colloïdaux acides, qui passent dans le filtrat glomérulaire, s'accumulent dans la partie initiale (pré-glomérulaire) du tube contourné, et cette accumulation est le témoin de leur réabsorption. Chez le Crapaud elle est supprimée après ligature des artères rénales, qui irriguent exclusivement les glomérules.

**ANSE DE HENLE.** — Le segment grêle du tube urinifère, ou Anse de Henle, s'intercale entre le tube contourné proximal et le tube contourné distal. Il n'existe pas chez les Vertébrés inférieurs, où il est remplacé par un segment tubulaire très court, de petit diamètre, pourvu d'un épithélium cilié; il apparaît chez les Oiseaux et atteint son complet développement chez les Mammifères. Sa fonction principale serait la réabsorption d'eau, qui a pour effet de rendre l'urine hypertonique par rapport au plasma.

Cette théorie émise par Starling et Verney (1925) a trouvé un récent appui dans les recherches de Smith (1932), qui a constaté que l'urine des Vertébrés inférieurs (Poissons, Amphibiens, Reptiles) n'est jamais plus concentrée que l'ultrafiltrat du plasma. D'après la structure histologique de l'anse de Henle, la résorption d'eau s'effectuerait surtout dans la branche large (ou ascendante) et le segment intermédiaire qui lui fait suite. Le rôle de la branche grêle ou descendante est incertain (Cordier).

**TUBE CONTOURNÉ DISTAL OU PIÈCE INTERMÉDIAIRE.** — D'après P. Feyel, son activité s'exercerait surtout dans le sens de la résorption de l'eau et des substances dissoutes, les unes non résorbées auparavant (substances sans seuil : urée, acide urique), les autres déjà en partie résorbées (chlorurés à partir d'un certain taux).

En résumé, les données récentes de la Physiologie comparée, quoique encore fragmentaires, permettent de mieux comprendre les fonctions du tube urinifère. Les deux théories de la sécrétion rénale, la théorie de la filtration-sécrétion (Bowmann-Heidenhain) et celle de la filtration-résorption (Ludwig-Cushny) contiennent une part de vérité et doivent être conciliées plutôt qu'opposées. L'importance relative du mécanisme filtration-réabsorption et sécrétion tubulaire varie suivant l'espèce animale et suivant la nature chimique des corps excrétés.

Chez l'Homme, la filtration-réabsorption semble jouer le rôle prépondérant, mais il est possible, d'après Marshall, que, dans certaines conditions pathologiques, le processus sécrétoire primitif du tube puisse être de majeure importance.

Un cas particulier, mais intéressant, mérite encore d'être signalé. Comme on sait, les Poissons cartilagineux ou Sélaciens présentent une forte urémie constitutionnelle (25 à 30 gr. d'urée par litre de sang). Parmi les facteurs qui interviennent pour retenir l'urée dans leur organisme le facteur rénal joue un rôle important. Le tube urinifère des Sélaciens présente, en effet, un segment spécial qui fait suite au glomérule et précède le tube contourné proximal, segment qu'on ne retrouve pas chez les autres vertébrés (Borcéa, 1906). Clarke et Smith ont récemment montré que l'urémie des Sélaciens est due, au moins en partie, à la réabsorption de l'urée par le rein, vraisemblablement au niveau de ce segment spécial. En fait, l'urine des Sélaciens contient beaucoup moins d'urée que le sang (Baglioni, 1906; Bottazzi et d'Errico, 1908; B. Kirch, 1930).

(A suivre.)

**H. Delaunay,**

Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

## BIBLIOGRAPHIE

### VITAMINES

- HARRIS (L.-J.): Vitamins. *Annual Review of Biochemistry*, III, 1934, et IV, 1935.  
 KUHN (R.): Sur les Flavines (Conférence). *Bull. Soc. Chimie biol.* XVIII, 1935.  
 THIROUX (A.): Vitamines et Avitaminoses. *Biologie Médicale* XXIV, 1934.

### DIGESTION

- BRENCKMANN et DELOYERS: *C. R. S. Biol.*, CII, 1929.  
 DELOYERS et JOHNSON: *Presse Médicale*, 1929.  
 DEMOOR (J.): *Ann. Physiol. et Physicochimie Biol.*, X, 1934.  
 GARRY (R. C.): The movements of the large Intestine, *Physiological Reviews*, XIV, 1934.  
 LA BARRE (J.): Les fonctions contractiles et sécrétoires de l'estomac en rapport avec les variations du métabolisme glucidique. *Bull. Acad. roy. de Belgique*, 1931.  
 MORIN (G.): L'automatisme intestinal des Vertébrés et sa régulation. Lyon, 1935, Imprimerie de Trévoux.

### SANG ET LIQUIDES DU MILIEU INTÉRIEUR

- FLORKIN (M.): La fonction respiratoire du milieu intérieur dans la série animale. *Ann. Physiol. et Physicochimie biol.* X, 1934.  
 ROCHE (J.): Introduction de la biochimie comparée des pigments respiratoires. *Ann. Physiol. et Physicochimie Biol.*, X, 1934.  
 ROUGHTON (F.-J.-W.): Recent Work on Carbon Dioxide transport by the Blood. *Physiological Reviews*, XV, 1935.

### CIRCULATION

- COUTIERE (H.): Cardio-réglages. *Biologie Médicale*, XIV, 1934.  
 HERMANN, JOURDAN, MORIN et VIAL: Quelques données expérimentales recueillies chez l'animal « spinal ». *Ann. Physiol. et Physicochimie biol.*, X, 1934.



HERMANN, JOURDAN et VIAL : De l'influence des mouvements respiratoires sur le tonus et l'excitabilité du centre cardio-modérateur bulbaire. *Journal de Physiologie et Pathologie générale*, XXXII, 1934.

HERMANN et MORIN : Démonstration cruciale chez le Chien de l'origine périphérique du collapsus vasculaire dans différents états de choc. *Journal de Physiol. et Pathol. gén.*, XXXIII, 1935.

HEYMANS (C.), BOUCKAERT (J.-J.) et REGNIERS (P.) : Le sinus carotidien et la zone homologue cardioaortique. Doin et Cie, Paris, 1933.

McDOWALL (R.-J.-S.) : The nervous control of the blood vessels, *Physiological Reviews*, XV, 1935.

#### RESPIRATION

CORDIER (D.) et HEYMANS (C.) : Le centre respiratoire. IX. Réunion de l'Association des physiologistes. *Ann. Physiol. et Physicochimie biol.*, XI, 1935.

#### FOIE

AUBERTIN, LACOSTE et CASTAGNOU : *C. R. S. Biol.*, CXVIII, 1935.  
BEST (C. H.), CHANNON et RIDOUT : *J. Physiol.*, LXXXI, 1934.

#### REIN

JUSTIN-BESANÇON (L.) : Les fonctions internes du Rein. Masson et Cie, Paris, 1930 (370 pages).

FEYEL (P.) : Le tube urinaire dans la série animale. Librairie Le François, Paris, 1935 (249 pages).

GÉRARD (P.) et CORDIER (R.) : Esquisse d'une histophysiologie comparée du rein des Vertébrés. *Biological Reviews*, IX, 1934.

MARSHALL (E. K.) : The comparative Physiology of the kidney in Relation to Theories of Renal Secretion. *Physiological Reviews*, XIV, 1934.

## MÉTHODES ET PROBLÈMES

### DE LA MICROEXPÉRIMENTATION CELLULAIRE (Suite) <sup>1</sup>

#### III. — Les applications aux problèmes de physiologie cellulaire.

Un des premiers problèmes, abordés avec la méthode de la micropuncture ultraviolette, fut celui de l'activation de l'œuf d'Oursin par un faisceau minime de rayons ultraviolets. Dans les expériences de J. LOEB et de DELAGE sur la parthénogénèse expérimentale, sous l'action des facteurs chimiques, l'irritation était appliquée sur toute la surface de l'œuf. Or, dans la fécondation naturelle, le stimulus réalisé par le spermatozoïde étant localisé en un point minime de la surface cellulaire, il était intéressant de voir, si on pouvait le remplacer directement par la piqure des rayons. BATAILLON avait réalisé l'activation de l'œuf de Grenouille par la piqure avec une aiguille; mais, dans ce cas, on sait que l'introduction d'un élément figuré, remplaçant le spermatozoïde (leucocytes) est indispensable. Nous avons tenté de réaliser la parthénogénèse par micropuncture ultraviolette des œufs d'Oursin et nous avons obtenu la formation nette de la membrane de la fécondation, commençant, tout comme dans la fécondation naturelle, au point piqué par les rayons (fig. 8); elle fut suivie de la formation de l'aster et de la division cellulaire, quoique à une allure fortement ralentie. Le développement ultérieur, qui donne lieu à une segmentation irrégulière, n'alla cependant pas au delà du stade de 8 blastomères. Dernièrement, il fut possible de provoquer l'initiation parthénogénétique du déve-

loppement par micropuncture aussi dans l'œuf de Pholade, qui s'est montré insensible à d'autres méthodes d'activation artificielle.

La méthode de la micropuncture est applicable aussi et surtout à l'étude de la détermination

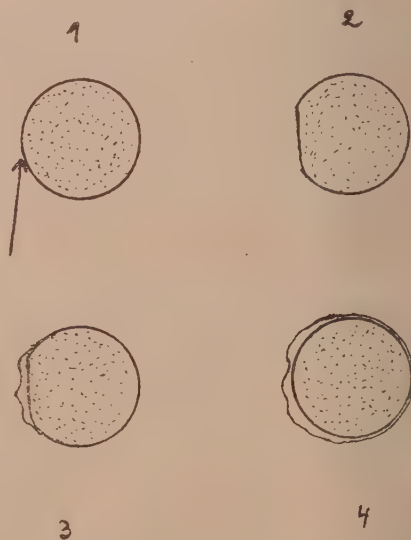


Fig. 8.

embryonnaire et la potentialité des blastomères de l'œuf. Il est aisé de détruire ou de détériorer par la micropiqure ultraviolette un blastomère donné d'un œuf en évolution. Ce genre de recherches, faites avec ma méthode, a été surtout réalisé par SCHLEIP et ses élèves sur les œufs d'*Ascaris*, de *Cyclops*, des *Rotifères*.

1. Voir le n° 20, 31 octobre 1935.



Moi-même j'ai cherché à *intoxiquer électivement* par des substances chimiques une partie de l'embryon, en micropiquant l'un des blastomères de l'œuf dans une solution, contenant des électrolytes qui ne pénètrent pas ordinairement dans la cellule. Le blastomère piqué devint perméable à la substance, qui pénétrait alors et provoquait des troubles caractéristiques dans la partie corres-

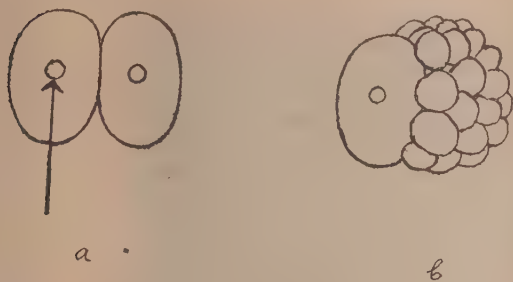


Fig. 9.

pondante de l'embryon. Un des buts que je me proposais, était d'atteindre le noyau, sans nuire au cytoplasme. Après avoir irradié le noyau d'un des deux blastomères (fig. 9 a), on voyait le développement de ce dernier s'arrêter, tandis que

hypotonique, on voit s'y former une protubérance (c). On peut voir aussi que le degré de perméabilité varie pendant les phases de la division cellulaire : pour produire la même réaction caractéristique, l'irradiation doit être plus courte aussitôt après la fécondation, qu'une demi-heure plus tard, pendant l'apparition du fuseau mitotique. L'échancrure plus profonde qu'on observe alors, s'explique par le fait, qu'à ce stade il y a dans le cytoplasme une forte tension centripète, due au passage à l'état de gel, et se manifestant également par la formation des asters. Le retour à une perméabilité plus grande au moment de l'apparition du sillon équatorial, est démontré par le fait, qu'en radiopiquant un œuf une heure environ après l'activation, au point où apparaît le sillon, l'échancrure se manifeste rapidement. On voit aussi que la surface cellulaire n'est pas partout également perméable : pendant la division, par exemple, la zone de l'équateur de l'œuf est plus perméable que les pôles : si la durée de l'action est d'une minute, au premier point se forme rapidement une échancrure, tandis que, au pôle, son apparition est un peu retardée.

Un autre problème abordé avec la méthode, est celui du pH intracellulaire : en piquant l'œuf

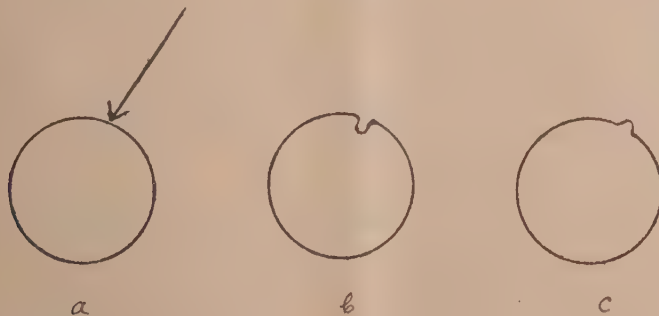


Fig. 10.

l'autre poursuivait sa segmentation normalement (fig. 9 b) et donnait un embryon, comparable à ceux, obtenus par DRIESCH, en enlevant mécaniquement un des deux blastomères de l'œuf d'Oursin.

Par la méthode de la micropuncture j'ai abordé également l'étude de la perméabilité cellulaire. En localisant la piqûre sur la périphérie de l'œuf, en un point déterminé de sa surface, on arrive à réaliser une réaction locale, qui augmente la perméabilité en ce point. La réaction peut être rendue visible en ce qui concerne la perméabilité à l'eau : en immergeant un œuf, radiopiqué à la périphérie (fig. 10 a), dans une solution hypertonique, on voit se former une échancrure au point piqué (b); si on le transporte dans une solution

dans des solutions d'indicateurs, la coloration, que prend l'intérieur de la cellule, indique la concentration des ions H. C'est ainsi qu'on arrive à déterminer que le pH de l'œuf d'Oursin doit être voisin de 5,8, ce que vient à confirmer les données de Vlès.

Un des problèmes les plus intéressants aujourd'hui, où les radiations sont utilisées dans le domaine médical, est de connaître le mécanisme de leur action sur la matière vivante. Les recherches, entreprises avec la méthode dans cette direction, ont pu démontrer que, vraisemblablement, au moins dans le cas de l'œuf, riche en lécithides, il doit y avoir une décomposition de ces dernières par action de la lumière ultraviolette, car on voit l'œuf, coloré en rouge par



le rouge neutre, virer au jaune, c'est-à-dire accuser une réaction alcaline, après l'irradiation.

Enfin, nous avons utilisé la méthode en la combinant avec l'*ultramicroscopie*, en observant la cellule sur fond noir pendant l'irradiation localisée de son cytoplasme. Dans le cas très démonstratif d'une amibe, on voit dans le cytoplasme, jusqu'alors optiquement vide (fig. 11a),

différences dans la sensibilité des Protozoaires aux rayons : les uns réagissent après une irradiation très courte, les autres, dont les mouvements, en général, sont plus lents, comme le *Stentor*, résistent plus longtemps. Il y a aussi des différences de sensibilité aux rayons entre les divers points de la surface de la cellule, ce qui rappelle le « gradient axial » de CHILD. La méthode permet



Fig. 11.

apparaître au point, atteint par les rayons, une nébulosité, qui précède la floculation bien localisée des colloïdes du cytoplasme (b). Ainsi s'expliquerait l'accroissement de la perméabilité cellulaire du fait de la micropuncture : les rayons précipitent les colloïdes du film superficiel, le réseau qui recouvre la cellule et la protège contre la pénétration des substances nocives, dilate ses pores, en se contractant par coagulation et ces substances peuvent pénétrer.

Une démonstration nette de cet effet coagulant des radiations de cette longueur d'onde est aussi donnée par les recherches récentes, faites avec la méthode sur les Infusoires : en radiopiquant la région de la vacuole pulsatile (fig. 12a), on voit s'arrêter ses pulsations, et elle-même se gonfle (b) sans pouvoir décharger à l'extérieur son contenu : les protéines, formant la couche cytoplasmique de ses parois, sont évidemment coagulées, le pore obstrué et la fonction cesse. Les êtres unicellulaires se prêtent bien à des expériences avec la méthode de la micropuncture, mais à condition qu'on puisse les immobiliser par un compresseur, comme nous l'avons dit plus haut. Leurs réactions sont bien différentes; les uns, comme la *Paramécie*, accusent des contractions locales (fig. 13A), les autres éclatent au point radiopiqué, ou y laissent échapper une partie de leur cytoplasme (B). Il y a aussi de grandes

aussi d'effectuer des destructions localisées des cils ou autres appendices du corps et d'étudier ensuite les effets sur la locomotion, etc. On peut aussi piquer, au cours d'une division, une

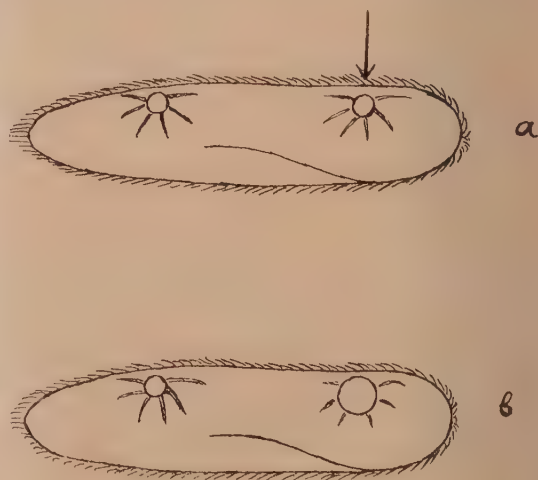


Fig. 12.

des cellules-filles ou un des partenaires pendant une conjugaison.

Un des grands problèmes qui intéressent aujourd'hui la biologie expérimentale et la médecine, est celui des oxydations et particulière-



ment la *respiration cellulaire*. Les travaux remarquables de WARBURG, continuateur direct de PASTEUR, ont mis ces problèmes à l'origine de beaucoup de recherches. Ces expériences appartiennent à la catégorie que nous avons nommée plus haut la macro-expérimentation cytologique. Or, il est d'un grand intérêt de tenter d'aborder ces problèmes sur une cellule isolée : en mettant

un faisceau approprié : ils se fusionnent alors. On conçoit facilement qu'on puisse ainsi faire ces greffes suivant une orientation voulue, et étudier leur effet sur la polarité de l'œuf. On peut aussi réunir des fragments d'embryon ou greffer des blastomères sur un autre embryon.

En changeant la disposition du monochromateur, on arrive à diriger sur la préparation un

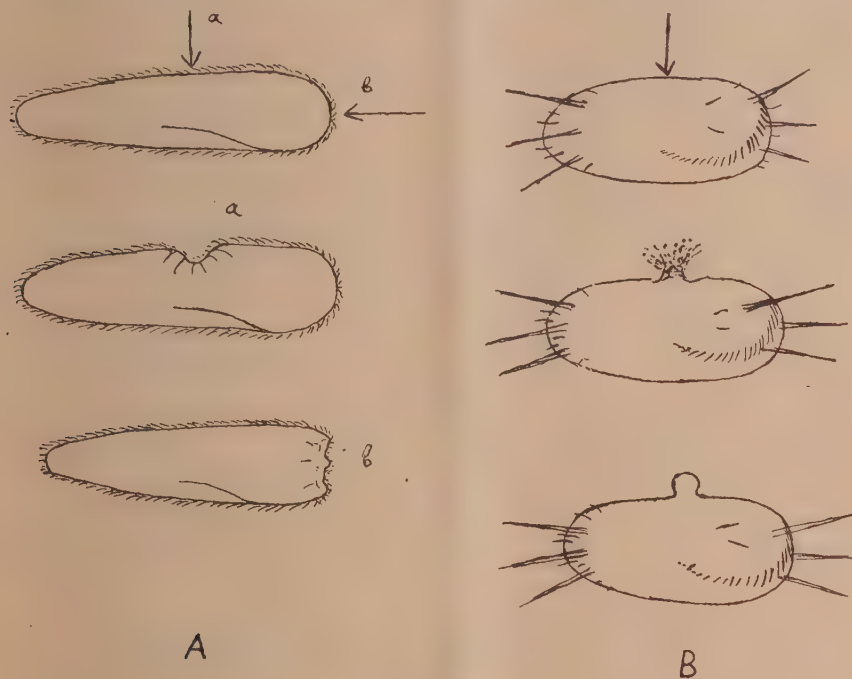


Fig. 13.

une cellule — œuf ou Infusoire — dans un tube capillaire en quartz, on peut déterminer, avec un micromètre oculaire, sa respiration, en mesurant la diminution du volume d'une bulle d'air, incluse dans le capillaire. En piquant localement la cellule par les rayons ultraviolets, on observe des effets sur la respiration. On peut se demander, si le noyau cellulaire, que J. LOEB supposait jouer un grand rôle dans la respiration, a vraiment cette fonction. Les recherches, que j'ai entreprises à ce sujet, avec la micropuncture, semblent le démentir. Il va sans dire que la méthode est applicable aussi à l'étude des autres catalyses cellulaires, comme par exemple la glycolyse, à laquelle on accorde aujourd'hui un rôle important dans la physiopathologie du cancer.

Enfin la méthode m'a permis encore une application qui a trait à l'embryogénie, comme aussi à la pathologie cellulaire : c'est la transplantation ou la *greffe cellulaire*. On peut mettre deux œufs en contact intime, les comprimer légèrement l'un contre l'autre, et irradier la zone de contact avec

un faisceau de longueur d'onde déterminée, ce qui présente un intérêt surtout pour l'étude des *actions spécifiques des radiations* sur la matière vivante. C'est ainsi qu'en piquant les œufs d'Oursin avec le groupe des raies de  $280 \mu\mu$ , j'obtins la parthénogénèse artificielle, mais en les piquant encore avec des rayons ultraviolets, mais de  $\lambda = 293 \mu\mu$ , la réaction caractéristique ne se manifestait pas, quoique il fut tenu compte de la quantité d'énergie rayonnante, introduite dans la cellule : la raie  $293 \mu\mu$  ayant une intensité énergétique trois fois moindre que le groupe  $280 \mu\mu$ , la durée d'exposition a été triplée, mais le résultat fut négatif. En utilisant des radiations de diverses longueurs d'ondes, s'étendant aussi dans le spectre visible, on peut étudier, par exemple, leur influence sur la fonction chlorophyllienne dans les cellules végétales, ou sur la fonction « visuelle » dans les cellules, sensibles aux radiations visibles. C'est ainsi que j'ai entrepris des expériences avec le flagellé *Euglena*, dont le stigma peut être considéré comme un rudiment d'œil.



#### IV. — Les perspectives ultérieures.

La méthode de la micropuncture ultraviolette est susceptible d'être appliquée encore dans nombre de problèmes de biologie expérimentale. Parmi les éléments qui se prêtent à être étudiés par elle, citons, par exemple, les hématies, les leucocytes, les cellules végétales, les cellules dans les cultures de tissu. On peut aussi analyser expérimentalement les fonctions des organes de certaines larves ou êtres microscopiques, même évolués, à condition qu'ils soient transparents. Un objet de choix est, par exemple, le cœur de la Daphnie. C'est tout un champ qui s'ouvre à l'application de la méthode en physiologie comparée.

Il serait aussi d'un grand intérêt de pouvoir introduire dans la micro-expérimentation l'idée du dosage quantitatif, il faudrait pouvoir mesurer, d'une part, la *quantité d'énergie rayonnante*, introduite en un point déterminé de la cellule sous forme de micropuncture, et d'autre part, de pouvoir déterminer objectivement *l'absorption des rayons* par les divers éléments de la cellule. Nous avons utilisé dans ce but un dispositif spécial, permettant de mesurer photo-électriquement l'énergie rayonnante du dard immatériel, après qu'il a traversé la cellule en un point déterminé. Les premières observations, faites avec cet appareillage,

dans lequel une cellule photo-électrique est combinée avec les dispositifs de la micropuncture ultraviolette, m'ont démontré que l'absorption des rayons de  $280 \mu$  par les substances nucléaires est parfois beaucoup plus grande que l'absorption par le cytoplasme. Ceci concorde, du reste, avec les résultats obtenus avec la microphotographie en lumière ultraviolette par KOEHLER, qui a pu photographier les cellules non colorées, qui se présentent alors comme si le noyau avait été coloré intensément par l'hématoxyline ferrique.

On peut espérer une nouvelle application de la méthode dans le domaine de la physiopathologie de la *cellule cancéreuse*. Ce sont surtout des recherches sur la perméabilité de cette cellule, qui pourront peut-être donner des bases pour le traitement de ce fléau. Le problème posé ici est évidemment de nature chimiothérapique : il s'agit de trouver des substances qui, agissant électivement sur la cellule cancéreuse dans l'organisme, iraient l'atteindre dans ses derniers repaires et, en y pénétrant, la détruire sans nuire aux éléments voisins. La connaissance des caractéristiques du métabolisme de la cellule cancéreuse et des lois, régissant sa perméabilité, est indispensable pour atteindre ce but.

Serge Tchakhotine.

## UN TYPE NOUVEAU DE PLANIMÈTRE INTÉGRATEUR

Si une fonction  $y = f(x)$  est tracée en coordonnées polaires il devient très facile de calculer mécaniquement l'intégrale :

$$I = \int_a^b f(x) dx.$$

Il suffit de fixer un curvimètre C (fig. 1) à l'extrémité d'une règle G dont un bord est dans le prolongement de l'axe de la roulette. Le bord de la règle restant appuyé contre une épingle enfoncée au pôle O, on suit la courbe avec la roulette. On démontre aisément que le curvimètre mesure alors une longueur proportionnelle à l'intégrale cherchée. L'instrument est de réalisation et d'emploi très simples. Des applications intéressantes en sont possibles; en particulier nous l'avons utilisé pour intégrer simplement l'énergie reçue par une façade ou une pente exposées au rayonnement intermittent du soleil.

La facilité de cette intégration nous a conduits à chercher la généralisation de cette méthode aux fonctions tracées en coordonnées cartésiennes. On peut remarquer d'abord que tout enregistreur inscrivant un graphique sur un disque au lieu d'un tambour cylindrique permettrait d'appliquer la méthode

précédente et de calculer ainsi très simplement la valeur moyenne de la fonction. Mais nous verrons que toute courbe en coordonnées cartésiennes peut par un dispositif spécial être ramenée à ce procédé d'intégration. Puis, une extension du procédé nous conduira à un intégrateur capable de calculer directement les intégrales de la forme :

$$I = \int_a^b P(y) dy,$$

P(y) étant une fonction quelconque des ordonnées y. Une nouvelle extension de la méthode pourra même conduire aux intégrales curvilignes ou doubles.

#### Planimètre.

Un disque horizontal D (fig. 2) est mobile autour d'un axe vertical OO'. Solidaire du disque est fixé sur le même axe un cylindre A semblable à ceux des appareils enregistreurs usuels, et sur lequel on peut enrouler la courbe ou graphique à intégrer. Une équerre E fixée au socle de l'appareil supporte un miroir M, en bande étroite, incliné de  $45^\circ$  sur l'horizon. Un bord XX' de ce miroir est dans un plan vertical V passant par l'axe OO'. Un œilleton,



CURVIMÈTRE - INTÉGRATEUR

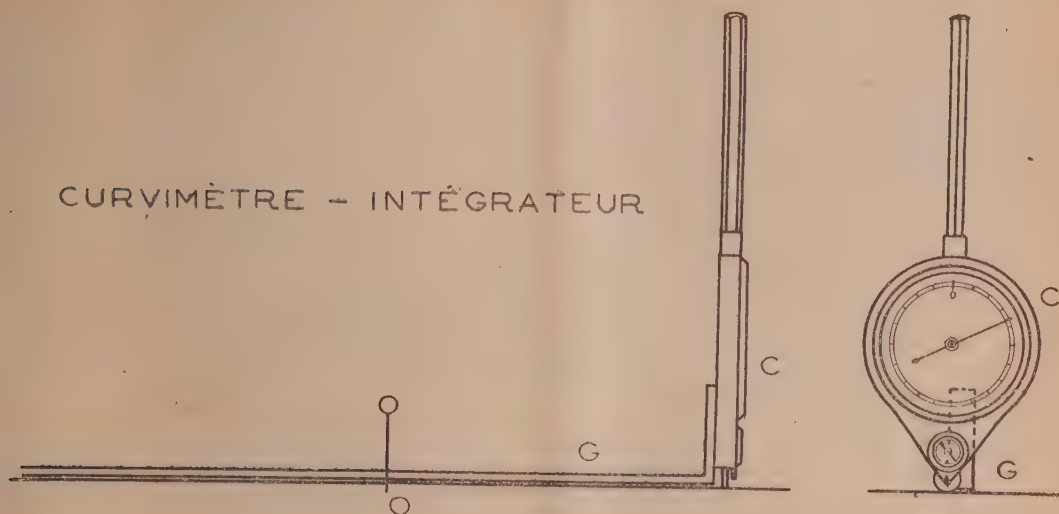


Fig. 1.

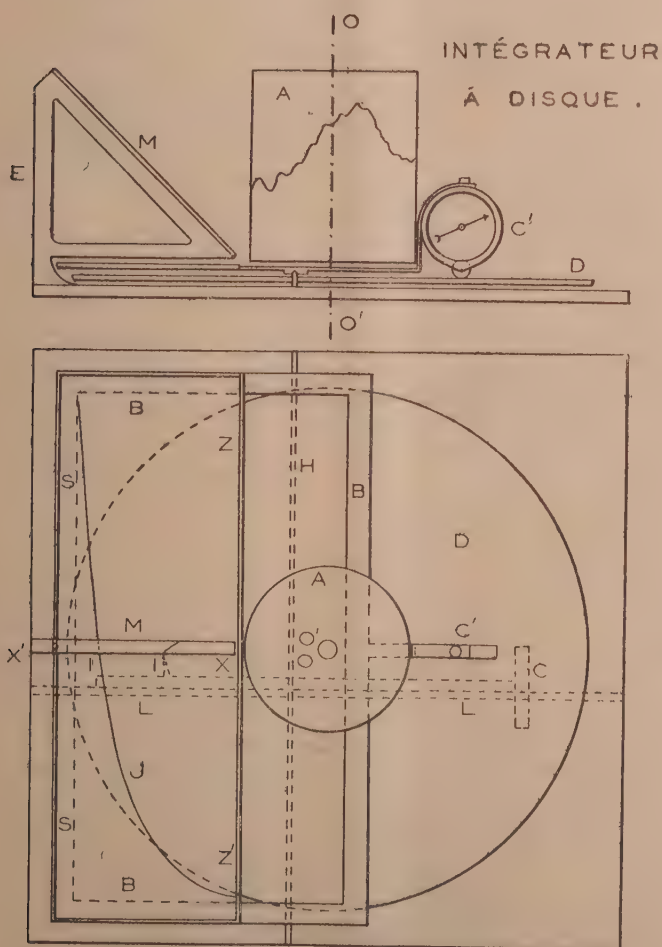


Fig. 2.



muni au besoin d'une loupe, se trouve au-dessus du miroir dans le plan V; il détermine donc avec le bord XX' un plan de visée coïncidant avec le plan V. Le miroir sera fixé de manière à donner d'une génératrice du cylindre passant par le plan V une image virtuelle située dans un plan horizontal P légèrement au-dessus du disque. Cette génératrice sera donc repérée exactement par la visée à travers l'ocillon; une ligne matérielle (fil par exemple) située dans le plan P ou contre la génératrice peut d'ailleurs augmenter la précision de cette visée. Soit YY', la ligne ainsi visée sur le plan P. En faisant tourner le disque, tout le graphique, rabattu optiquement par le miroir, défile sur le plan P, traversant normalement YY'. Le graphique est donc rabattu en coordonnées polaires sur P, et la méthode précédente pourra être utilisée.

Un curvimètre C, avec sa règle-guide G portant un index I, sera posé sur le disque (fig. 2). La règle sera mobile dans une glissière L imposant à l'index un mouvement le long de YY'. Lors de la rotation du disque on pourra donc maintenir continuellement l'index en coïncidence avec l'image virtuelle du graphique. La distance  $r$  du plan de la roulette au centre du disque, correspondant à la visée d'un point du graphique d'ordonnée  $y$ , sera donc égale à :  $k - y$ . Une rotation élémentaire du disque,  $d\alpha = k' dx$ , entraînera donc une rotation  $dl$  du curvimètre :

$$dl = r, d\alpha = kk' dx - k' y, dx;$$

l'intégrale de  $dl$  correspondant à un contour fermé C du graphique sera donc :

$$|l| = \left| \int_C dl \right| = k \int_C y, dx.$$

Donc à un facteur constant près, le curvimètre donnera l'intégrale cherchée. Pour avoir  $\int_a^b y, dx$ , il suffira de fermer le parcours avec les ordonnées passant par  $a$  et  $b$  et l'axe des abscisses compris entre  $a$  et  $b$ . On peut d'ailleurs remarquer que le parcours des ordonnées n'agissant pas sur la roulette pourra être sauté, en soulevant le curvimètre; cette simplification est importante pour certaines applications.

La sensibilité serait assez satisfaisante; pour un cylindre de 9 cm. de diamètre, une surface de 45 mm<sup>2</sup> correspondrait à 1 mm. au curvimètre. Mais nous verrons que des variantes donneraient facilement une sensibilité 10 à 20 fois plus grande, ce qui est suffisant pour la plupart des applications techniques. D'ailleurs l'erreur absolue de 45 mm<sup>2</sup> ne serait pour une surface d'un dm<sup>2</sup> qu'une erreur relative de 1/220. Pour le calcul des ordonnées moyennes, un graphique thermométrique usuel, de 9 cm. sur 30 cm., à 1 mm. par degré, donnerait 6 mm. environ pour une valeur moyenne de un degré; c'est une sensibilité très suffisante, nettement supérieure à celle du graphique lui-même.

Nous avons signalé qu'avec cet appareil le parcours des ordonnées pouvait être négligé. Aussi est-il extrêmement facile de mesurer des moyennes relatives à des éléments périodiques du graphique; il

suffit de soulever le curvimètre lorsque les parties à éliminer passent devant l'index. Les moyennes d'heure en heure, les moyennes diurnes, les « températures médicales », etc., peuvent ainsi être déterminées rapidement, par totalisation sur le curvimètre des intégrations partielles de nombreux graphiques.

L'appareil est facile à construire. La pièce fondamentale, le curvimètre gradué en cm. et mm., se trouve dans le commerce, et peut être détachée de la règle pour servir éventuellement à son usage habituel. Nous avons envisagé l'emploi d'un curvimètre car cet instrument classique présente une sensibilité suffisante pour le but poursuivi; mais il est évident que le compteur habituel des planimètres pourrait remplacer ce curvimètre.

### Intégrateur.

L'emploi de la « courbe-index » va nous permettre de transformer ce planimètre en intégrateur donnant :

$$I = \int_a^b P(y), dx,$$

$P(y)$  étant une fonction quelconque des ordonnées  $y$ .

Soit O'' l'intersection avec YY' de l'image virtuelle de l'axe des abscisses. Considérons (fig. 2) un cadre B, mobile dans le plan P, par translation perpendiculaire à YY'. Dans ce cadre se trouve un carton sur lequel sont tracés deux axes de coordonnées, l'un parallèle à YY', l'autre ZZ' perpendiculaire au premier et passant par O''. Soit une courbe J tracée sur ce carton et d'équation :

$$z = P(y).$$

L'intersection de cette « courbe-index » J avec la ligne de visée YY' déterminera un point index I. Fixons le curvimètre au support B, la roulette posant sur le disque, son axe étant parallèle à ZZ'. En faisant tourner le disque, maintenons le point-index I en coïncidence avec l'image du graphique; on démontrera sans peine que le curvimètre donnera l'intégrale :

$$I = \int_a^b P(y), dx.$$

L'opération est aussi facile que la précédente. Or,  $P(y)$  peut être quelconque. Avec le même appareil, sans aucune complication mécanique, on peut utiliser des fonctions extrêmement variées, algébriques, transcendentes ou empiriques. Il suffit d'avoir une collection de courbes tracées avec soin, interchangeables dans le cadre B.

Par exemple, si la courbe-index est une droite on retombe sur l'intégration :

$$I = \int_a^b y, dx$$

mais avec une sensibilité variable à volonté avec le coefficient angulaire de la droite.

Une courbe-index :  $z = k, y^2$ , donnerait directement le moment statique par rapport à l'axe des abscisses.



Une courbe-index :  $z = k.y^3$ , conduirait aux moments d'inertie par rapport à ce même axe. La sensibilité serait aisément modifiée par la varia-

sur un couteau H parallèle à ZZ'. En appuyant sur ce cadre, en S, on soulèverait le curvimètre, interrompant ainsi l'intégration.

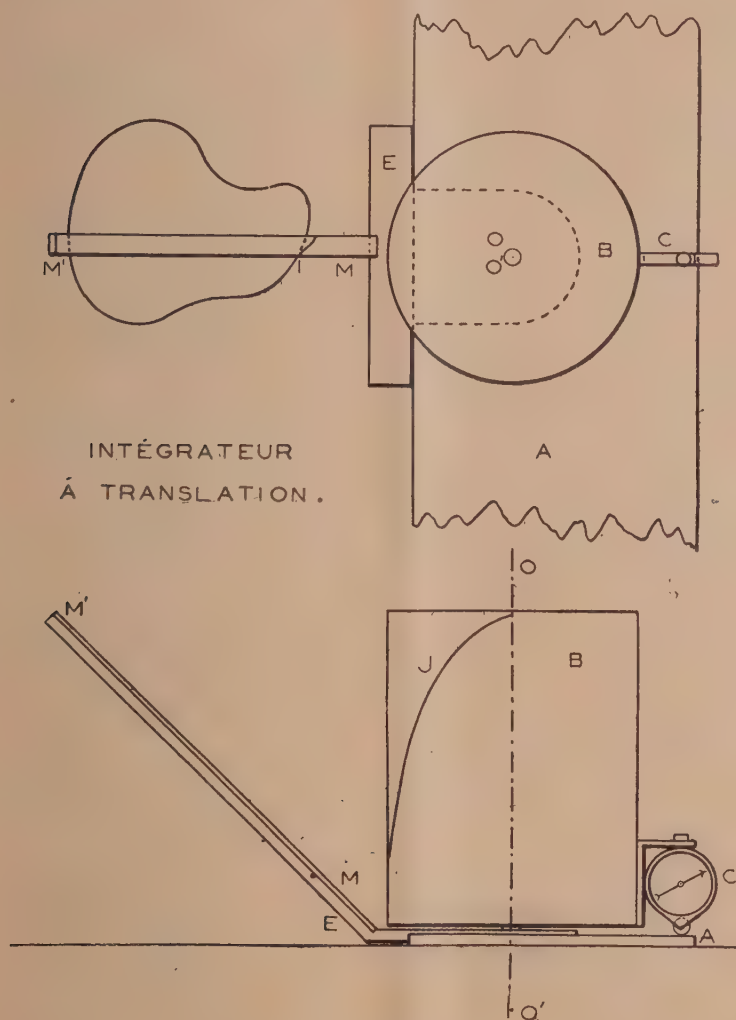


Fig. 3.

tion de  $k$ . Ces deux courbes fourniraient donc très simplement le même résultat que des intégrateurs de construction compliquée.

Une courbe-index :  $z = k.y^4$ , intégrerait l'énergie  $Q = S.T^4$ , rayonnée par un corps noir en fonction d'une température  $T$  variable.

Une parabole :  $z = k.\sqrt{y}$ , donnerait les quantités de fluide écoulées en fonction des hauteurs ou pressions variables avec le temps  $x$ , ce qui constitue une intégration intéressante pour les hydrauliciens.

La parabole :  $z = k.y^3$ , intégrerait le dégagement de chaleur en fonction de l'intensité de courant.

Pour réaliser cet intégrateur, il suffirait de modifier légèrement le type déjà décrit. Un cadre B (fig. 2), portant le curvimètre C' pourrait glisser et basculer

#### Quelques variantes.

*Variante 1.* — Une démultiplication ferait tourner le cylindre A  $n$  fois plus lentement que le disque D, d'où une sensibilité  $n$  fois plus grande.

*Variante 2.* — Au lieu du cylindre A, un tambour de diamètre  $n$  fois plus petit entraînerait le graphique pressé contre lui par deux rouleaux. L'appareil serait ainsi moins encombrant, et  $n$  fois plus sensible; le remplacement d'un graphique par le suivant serait immédiat.

*Variante 3.* — L'axe du disque et du cylindre pourraient ne pas coïncider, et être reliés par une démultiplication.

*Variante 4.* — Au lieu d'une translation de la courbe-index et du curvimètre, on pourrait utili-



ser une rotation modifiant l'angle d'attaque de la roulette sur un support animé d'un mouvement relatif de translation ou rotation. Toute une série d'intégrateurs, dont quelques-uns d'extrême sensibilité, pourraient être ainsi réalisés; tous donneraient aussi aisément l'intégrale :

$$I = \int_a^b P(y) \cdot dx.$$

Mais la courbe index pivoterait autour d'un axe et son équation serait modifiée.

Nous décrivons un appareil utilisant cette variante, et dont la construction et l'emploi semblent particulièrement simples.

Une règle A (fig. 3), peut être posée sur la planche à dessin portant la courbe à intégrer. Contre cette règle peut glisser un support E qui porte le miroir MM' incliné de 45°, et le cylindre B tournant autour de l'axe vertical OO'. Sur ce cylindre est enroulée la courbe-index. Le curvimètre est fixé contre le cylindre, et sa roulette appuie sur un carton collé sur la règle.

Le fonctionnement de l'appareil est très simple; en faisant glisser lentement le support E, on tourne le cylindre B de manière à suivre le graphique avec la courbe-index vue dans le miroir. Il est facile de démontrer que pour planimétrer :

$$I = \int_a^b y \cdot dx,$$

la courbe-index serait une sinusoïde d'équation

$$y = k \sin z$$

Pour intégrer  $I = \int_a^b y^2 \cdot dx$  la courbe-index aurait pour équation  $y = k\sqrt{\sin z}$ . En général, pour intégrer  $I = \int_a^b P(y) \cdot dx$  la courbe-index aurait pour équation  $k \cdot \sin z = P(y)$ .

On peut avoir une collection de courbes, interchangeables sur le cylindre, permettant l'intégration de fonctions de  $y$  très variées. La sensibilité de l'appareil serait assez grande: dans l'emploi comme planimètre 1 mm. mesurerait une surface de 40 mm<sup>2</sup>. Cet appareil ne comportant presque aucun mécanisme serait de construction aisée.

Une variante de ce type présenterait une sensibilité considérable. Une tige filetée et un rouleau sur lequel reposerait la roulette du curvimètre auraient leurs axes parallèles à la règle, et seraient reliés par un engrenage plus ou moins démultiplié. Le manche du curvimètre coïnciderait avec l'axe du cylindre B portant la courbe-index. La rotation de B ferait donc varier l'angle du plan de la roulette avec l'axe du rouleau. Par une rotation de la tige filetée on ferait progresser lentement le support E, actionnant en même temps le rouleau et le curvimètre. Pour une tige filetée de pas 1 mm., entraînant avec la même vitesse angulaire un rouleau de diamètre 3 cm., on atteindrait une sensibilité de 4 mm. environ par mm<sup>2</sup> de surface; une démultiplication serait utile pour diminuer cette trop grande sensibilité.

Nous ne décrivons pas les nombreuses variantes

possibles, toutes basées sur le rabattement optique et la courbe-index<sup>1</sup>.

### *Planimètre-intégrateur polaire.*

Si nous nous reportons au dispositif décrit dans l'introduction de cette étude, nous voyons que l'intégration d'une courbe tracée en coordonnées polaires demande un appareil très simple, mais ne donne que l'intégrale

$$I = \int_0 r \cdot d\alpha.$$

Or cette intégrale ne représente pas la surface intérieure à un contour. Pour obtenir cette surface il faudrait calculer l'intégrale  $I = \frac{1}{2} \int_0 r^2 \cdot d\alpha$ . L'utilisation de la courbe-index conduit facilement à cette intégration. Le planimètre ainsi construit serait assez simple; la courbe-index serait fixée dans un cadre vertical solidaire de la règle-guide et du curvimètre et glissant contre un axe vertical passant par le pôle. Un miroir à 45° rabattrait optiquement cette courbe sur le graphique.

On verrait facilement que cet appareil donnerait le moment d'inertie de la surface par rapport au pôle avec une courbe-index  $z = k \cdot y^4$ . On pourrait aussi obtenir avec cet appareil les moments statiques et les moments d'inertie par rapport à un axe, mais moins simplement qu'avec les types précédents; une transformation de la courbe à intégrer serait nécessaire.

### *Emploi comme intégraphe.*

Il serait facile d'obtenir par points la courbe intégrale :

$$Y = G(x) = \int_a^x P(y) \cdot dx$$

dont un cas particulier serait la courbe intégrale

$$Y = \int_a^x y \cdot dx.$$

Il suffirait de porter en ordonnées sur un nouveau graphique les indications du curvimètre en fonction des valeurs de  $x$  lues sur le graphique à intégrer. Aucune complication mécanique de l'appareil ne serait donc nécessaire, et les résultats pourraient avoir une précision satisfaisante.

Mais il semble possible d'obtenir cette courbe d'un tracé continu, en réalisant une liaison mécanique entre la roulette du curvimètre et une vis déplaçant une plume parallèlement aux ordonnées du graphique.

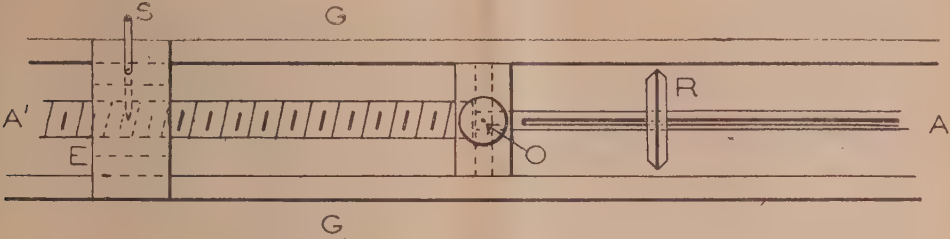
Si la courbe était tracée en coordonnées polaires, l'utilisation du dispositif primitif (curvimètre avec règle-guide) rendrait extrêmement simples cette liaison et l'inscription de la courbe intégrale. Cet appareil est représenté figure 4. Une glissière G pivote autour d'une pointe enfoncée sur le pôle O. Au

(1) La construction d'un de ces types va être entreprise par un fabricant d'instruments de précision.



milieu de cette glissière tourne un axe AA' parallèle au papier. Une moitié de cet axe est filetée et déplace sur la glissière une pièce portant la plume

ainsi possible de réaliser un intégraphe assez simple inscrivant simultanément une fonction et son intégrale dans les deux systèmes de coordonnées.



INTÉGRAPHE POLAIRE

Fig. 4.

ou le crayon S. Sur l'autre moitié peut glisser la roulette rendue solidaire de l'axe dans sa rotation par une génératrice portant une saillie ou rainure. On voit que si la roulette suit une courbe en coordonnées polaires la plume trace la courbe intégrale dans ces mêmes coordonnées. Or, une transformation

Intégrales curvilignes.

La méthode qui donne l'intégrale  $I = \int_a^b P(y) dx$  peut être généralisée afin de conduire à l'intégrale curviligne  $I = \int_a^b P(x, y) dx$  le long d'un contour  $y = f(x)$  tracé sur le graphique. Mais alors la courbe-

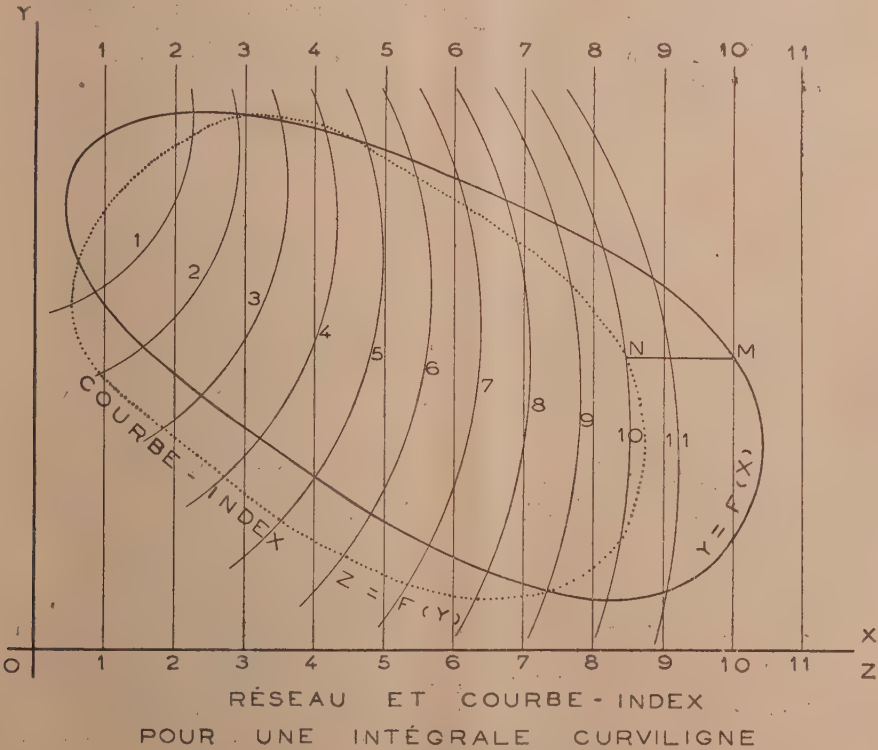


Fig. 5.

réci-proque d'une courbe polaire en cartésienne serait très facile, soit graphiquement, soit par un dispositif imité du planimètre figure 1 avec rabattement optique ou mécanique sur un cylindre. Il serait

index d'équation  $z = P(y)$  devrait être remplacée par une surface-index, d'équation  $z = P(x, y)$ . La représentation et l'utilisation de cette surface semblent peu pratiques. Mais il est assez simple de la

déterminer dans le plan par des courbes de niveau; la courbe-index sera donc remplacée par le réseau de courbes  $z = P(x, y)$  tracées pour des valeurs constantes et équidistantes de  $x$ . On utilisera alors une méthode semblable à celle déjà décrite pour l'intégration de  $\int_a^b P(y) dx$ . Mais il faudra maintenir la concordance entre la portion du graphique rabattue optiquement et une courbe du réseau-index correspondant à la valeur de  $x$  lue sur le graphique. Cette coïncidence peut sembler assez délicate à réaliser, car elle demande une interpolation entre les courbes du réseau dont la cote varie continuellement lors de la progression du graphique. Nous allons montrer qu'il est possible de rendre cette coïncidence plus simple et précise, en remplaçant le réseau par une seule courbe.

A chaque point M de la courbe  $y = f(x)$ , (fig. 5), correspondent des valeurs de  $x$  et  $y$  qui déterminent une valeur de  $z$  et par suite un point N du réseau-index. Donc à la courbe  $y = f(x)$  correspond dans le plan du réseau une courbe J qu'il sera facile de tracer par points comme l'indique la figure 5. Il sera alors équivalent de suivre la courbe  $y = f(x)$  avec le réseau ou avec cette courbe-index J. Algébriquement l'équation de J serait obtenue en éliminant  $x$  entre les deux équations  $y = f(x)$  et  $z = P(x, y)$ . La signification géométrique de J est très simple; dans le système de coordonnées orthogonales  $Ox, Oy, Oz$ , c'est la projection, sur le plan  $xOy$ , d'une courbe de la surface  $z = P(x, y)$  ayant pour projection sur  $xOy$  la courbe  $y = f(x)$ .

### Intégrales doubles.

Une nouvelle extension de cette méthode peut conduire au calcul d'une intégrale double :

$$I = \iint P(x, y) dx dy$$

étendue à la surface  $y = f(x)$ .

Comme précédemment, nous supposons que la fonction  $P(x, y)$  est représentée par des courbes de niveau  $x = C^{te}$ .

Suivant la méthode classique cette intégrale peut se mettre sous la forme d'une intégrale curviligne :

$$I = \int_c G(x, y) dx$$

G étant la fonction intégrale :

$$G = \int P(x, y) dy.$$

La fonction G sera encore représentée par un réseau. Chaque courbe de ce réseau sera obtenue en intégrant les courbes de niveau de  $z = P(x, y)$  pour les valeurs correspondantes de  $x$ . On utilisera donc l'appareil en intégraphe pour le tracé de ce réseau d'intégrales. Puis sur ce réseau on cherchera la courbe-index par le procédé indiqué pour les intégrales curvilignes.

Cette méthode peut paraître un peu longue. Mais il faut remarquer que nous envisageons principalement le cas où la fonction  $P(x, y)$  ne serait pas intégrable algébriquement. Son intégration approchée demanderait alors, par les découpages habituels, de nombreux planimétrages et calculs numériques.

R. PERS,

Professeur agrégé de l'Université.

## BIBLIOGRAPHIE

### ANALYSES ET INDEX

#### 1° Sciences mathématiques.

**Bouligand (G.). — Premières leçons sur la théorie générale des groupes.** — 1 vol. de 241 pages. Vuibert, éditeur. Paris, 1935. (Prix, broché : 40 fr.).

M. Bouligand est le père d'une nombreuse famille... spirituelle et les lecteurs de cette Revue ont pu déjà connaître ici même un grand nombre de ses membres.

L'éloge de l'auteur n'est plus à faire, il est trop connu du public mathématique pour qu'il soit, une fois de plus, utile d'insister sur les qualités de son livre où se reconnaît encore sa maîtrise qui « réussit à faire comprendre d'une manière simple et imagée ce qu'il y a d'essentiel dans une théorie, à en expliquer l'origine et la raison d'être » ainsi que le dit M. Fréchet dans sa préface d'un exposé récent des Actualités scientifiques et industrielles sur les définitions

modernes de la dimension dû au maître éminent de l'Université de Poitiers.

L'enseignement mathématique des Facultés se partage entre les spécialisations et le souci d'assurer à la formation générale une large base. Cette seconde tendance est celle du présent livre.

La force de la tradition maintenait hier encore la théorie des groupes en marge de l'enseignement, mais mieux comprise elle se fait place dans la vie scolaire à tous les degrés et tend à jouer un rôle de plus en plus grand en Mécanique et en Physique.

L'essentiel est de bien saisir la portée générale de notion de groupe. Alors son rôle logique apparaît au regard des modifications maintenant un énoncé et auxquelles on soumet les objets liés par lui.

En atteignant la famille de ces modifications on atteint l'essence causale de la proposition. Or cette famille est un groupe.



Ainsi se dessine le programme. L'étude des transformations ponctuelles familières ayant appelé l'attention sur divers groupes et sous-groupes et révélé pour une transformation le rôle possible d'agent de traduction, on constate une aisance plus grande à développer certaines parties de la Géométrie. Dès lors il a été facile de rassembler des propriétés de nature projective ou de nature anallagmatique qui tendent à devenir thèmes à examens. On aperçoit en outre l'existence pour les groupes de transformations ponctuelles de caractères applicables aux groupes d'opérations de toute nature : ce sont les caractères formels montrant ce que peuvent avoir de commun des théories qui semblent d'abord très distantes.

Arithmétique, algèbre, géométrie sont par là rapprochées : la séparation ne se fait qu'à partir des caractères topologiques. Ces idées directrices prennent toute leur force dans les derniers chapitres montrant les contacts des groupes avec les théories mathématiques les plus familières.

Des exercices libellés en vue d'une résolution presque immédiate complètent l'exposé dont l'étude peut s'aborder en Spéciales et se prolonger ensuite conformément à des indications bibliographiques.

Telle se présente à grands traits la réalisation d'un programme auquel aspirent nos étudiants depuis que s'impose la nécessité d'exploiter les considérations d'invariance.

L. P.

## 2° Sciences physiques et chimiques.

**Delye (P.). — Kernphysik. — 1 brochure in-8° de 34 pages, Hirzel, éditeur, Leipzig, 1935. (Prix : 1,60 M.)**

Cette petite brochure du célèbre professeur à l'Université de Leipzig reproduit, en la développant un peu, une conférence faite à la fin de 1934. Les éléments de la physique nucléaire y sont clairement résumés dans l'ordre suivant : découverte et classification des isotopes ; transmutations nucléaires par les rayons  $\alpha$ , les protons et les particules accélérées artificiellement ; découverte des neutrons et des positrons ; radioactivité provoquée par les rayons  $\alpha$  et les neutrons ; conséquences relatives à la structure nucléaire.

E. B.

\*\*

**Grote (August), de la Station hydrobiologique de la « Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft » à Plön. — Der Sauerstoffhaushalt der Seen. — 1 vol. gr. in-8° de VIII-217 p., 35 figures. Collection A. THIENEMANN. Die Binnengewässer, Bd. XIV. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandl., 1934. (Prix, broché : 18,5 M., relié : 20 M.)**

Dans cette mise au point écrite à l'usage des biologistes, des hygiénistes et des chimistes, M. Grote examine les différentes questions qui constituent le problème effroyablement complexe du cycle de l'oxygène

dans les eaux douces. Après avoir mis en évidence l'importance écologique considérable de l'oxygène, l'auteur étudie très longuement le transport de ce corps dans le milieu aquatique et les transformations qu'il y subit.

R.

## 3° Sciences naturelles.

**Dalcq (Albert). — L'organisation de l'œuf chez les Chordés. — (1 vol. de 322 p., 100 fig. Gauthier-Villars, 1935.)**

L'embryologie est une des disciplines biologiques dont l'essor récent est le plus remarquable et dont un proche avenir changera sans doute le plus rapidement la physionomie. Les travaux essentiels ont porté sur les Batraciens qui furent de tout temps le matériel de prédilection des embryologistes : c'est au cours de recherches expérimentales sur le développement du Triton que Speemann découvrit les phénomènes d'induction dont le rôle dans l'ontogénèse se révélait bientôt capital. Stimulée par le succès des expérimentateurs, l'embryologie descriptive faisait à son tour de rapides progrès et, utilisant largement la technique des marques colorées, établissait le plan des ébauches dans l'œuf des Prochordés, des Anoures, des Urodèles et même des Poissons et des Oiseaux. L'observation et l'expérience se contrôlant l'une l'autre, l'unité embryologique de tout le phylum des Chordés, des Ascidies aux Oiseaux apparut de plus en plus clairement ; on constata que des phénomènes d'induction très divers dans leurs modalités, intervenaient de façon décisive dans le développement des Batraciens, des Oiseaux et peut-être des Mammifères.

M. Dalcq, qui, par ses recherches récentes a fait faire de grands progrès à nos connaissances sur l'organisation de l'œuf des Ascidies et qui a étudié également avec succès plusieurs points importants du développement des Batraciens, apporte dans son livre sur l'« Organisation de l'œuf chez les Chordés » une remarquable systématisation de cette question difficile qu'il importait de faire connaître à tous les biologistes. Cette mise au point est assez complète et assez à jour (il n'y a pas moins de 74 pages consacrées aux travaux sur le développement parus depuis 1930) pour pouvoir constituer, en même temps qu'un exposé d'ensemble qui doit intéresser tout esprit curieux, un guide qui paraîtra précieux à ceux qui voudraient s'orienter vers la recherche embryologique, aujourd'hui si pleine de promesses.

Georges TEISSIER.

\*\*

**Léotard (Georges). — L'intelligence et les formes extérieures du corps. — Alcan, éditeur. Paris, 1935.**

L'auteur insiste spécialement sur le développement osseux. L'ampleur de la cage thoracique favorise la largeur de la boîte crânienne.

L'orbite en s'élargissant permet une meilleure position de l'œil et, indirectement, contribué à augmenter l'intelligence dans la série animale.

R. P.

\*\*

**Lefebvre des Noëttes** (Commandant). — **De la marine antique à la marine moderne. La révolution du gouvernail.** — *Masson et Cie, éditeurs, Paris.*

Dans cet ouvrage, fort bien édité par des éditeurs qui ont toujours le souci d'une présentation parfaite, le commandant Lefebvre des Noëttes soutient la thèse suivante : les progrès de la navigation, liés au développement du tonnage du navire, ne pouvaient avoir lieu qu'après la découverte d'un appareil à gouverner pratique et efficace, quel que soit le tonnage. Ce ne fut qu'au <sup>xiii</sup>e siècle de notre ère que ce gouvernail fut inventé sous la forme actuelle du gouvernail à charnières fixées à l'étambot, et manœuvré à l'intérieur du navire par une barre horizontale.

Auparavant, depuis la plus haute antiquité, les navires étaient gouvernés par une ou deux rames placées à l'arrière, qui ne pouvaient agir efficacement que sur des embarcations, ou des navires d'un tonnage fort limité.

De très nombreuses photographies, empruntées aux documents les plus divers, illustrent la thèse du commandant Lefebvre des Noëttes.

A l'appui de sa démonstration, l'auteur montre que, malgré l'incertitude de quelques textes anciens, il est très probable que les galères et autres bâtiments antiques étaient en réalité forts petits, ne dépassant qu'exceptionnellement une centaine de tonnes. Les navires plus grands, tels que les galères du lac Nemi mises récemment au jour, n'étaient vraisemblablement que des pontons ou des chalands. Incidemment, le commandant Lefebvre des Noëttes nie l'existence de galères antiques à plusieurs rangs de rameurs, et l'on sait que, sur ce sujet, le capitaine de frégate Carlini a fait récemment à l'Association technique et maritime des communications du plus haut intérêt, que nous souhaitons voir bientôt réunies en volume.

L'auteur laisse dans l'ombre une différence essentielle entre la rame gouvernail et le gouvernail à charnières. Celui-ci, qui n'agit que lorsque les filets d'eau frappent son safran, n'a aucune action

sur un navire au repos et sans erre. Le gouvernail-rame, ou l'aviron de queue comme nous disons, peut au contraire faire tourner sur place une embarcation et un petit navire sans le faire avancer. Les qualités évolutives sont donc nettement en théorie à l'avantage de la rame gouvernail.

L'ouvrage du commandant Lefebvre des Noëttes apporte une contribution extrêmement intéressante à l'étude de l'évolution du matériel naval.

J. ROUCH.

\*\*

**Thalès.** RECUEIL ANNUEL DES TRAVAUX DE L'INSTITUT D'HISTOIRE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS. — *Première année (1934).* — 1 vol. in-8° carré de 164 pages. F. Alcan, Paris, 1935. (Prix : 30 fr.)

L'Université de Paris possède depuis 2 ans un « Institut d'Histoire des Sciences et des Techniques », décernant un certificat, qui compte parmi les certificats de la licence ès lettres, et un diplôme. Cet Institut s'est proposé, dès l'origine, de publier sous le nom de *Thalès* un recueil annuel de travaux.

Le premier volume paru comprend :

1° Des extraits des cours correspondant au programme de l'Institut et des conférences qui y ont été faites. On trouvera sous ces rubriques les matières les plus variées : Optique (L. de Broglie); Transformisme (Laignel-Lavastine); Astronomie physique (P. Brunet); Hydrostatique (Daujat); Nature de la lumière (H. Volkringer); Pensée scientifique du <sup>vi</sup>e à la fin du <sup>ve</sup> siècle (A. Rey); etc...

2° Quelques mémoires originaux sur des points de détail. A citer, de J. Mariani : La signification philosophique de la théorie des quanta; de E. Pinel : Le mécanisme de la vaccinothérapie; de P. Ducassé : La pensée mathématique d'Aug. Comte; etc...

3° Les analyses critiques des ouvrages reçus à l'Institut et ressortissant à son domaine;

4° Une bibliographie très détaillée des ouvrages et articles originaux d'histoire des Sciences et des techniques parus dans l'année et des plus importants de ceux qui concernent la philosophie de la science contemporaine.

Ainsi *Thalès* est destiné à devenir un précieux instrument de travail entre les mains de tous ceux qui s'intéressent à l'histoire et à la philosophie des sciences.

L. BR.



## ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

## ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 27 Mai 1935 (suite).

SCIENCES NATURELLES. — M. S. Pavlovitch : *Etude pétrographique des péridotites du massif de Zlatibor Serbie occidentale*. — M. Gilbert Mathieu : *Sur l'âge de la série primaire non fossilifère de Vendée*. Il est difficile de définir avec exactitude l'âge des deux étages de schistes X de Vendée; pourtant les analogies avec la Bretagne semblent permettre d'assimiler le Quartzite de l'étage de La Chataigneraie au Grès armoricain (Arenig). L'étage du Bourgneuf deviendrait l'équivalent de l'étage des Schistes pourprés, et le poudingue de Sigournais correspondrait au poudingue pourré ou poudingue de Monfort, avec lequel il offre des ressemblances. L'auteur expose les arguments qui plaident en faveur de cette hypothèse. — M. Jean Michel : *Observations sur les rideaux de la craie dans les vallées entre le Tréport et Ault*. — MM. L. Doncieux et J. Cuville : *Les ornaminifères du Lutétien inférieur dans le sud du désert arabe*. On rencontre, dans la roche étudiée (calcaire tendre qui provient d'un fortin en ruines) les formes suivantes : *Alveolina oblonga* d'Orb.; *Nummulites f. irregularis* (A) de la Harpe; *N. discorbina* (B) Schl.; *N. gizehensis* (B) Forsk.; *N. aff. Lucasi* (A) d'Arch. L'association, dans un même dépôt, de foraminifères a priori caractéristiques, les uns, du début de l'Eocène moyen, les autres du Lutécien supérieur, constitue l'intérêt principal de cette Note, et y est analysée. — MM. René Maire et Louis Emberger : *La végétation de l'Anti-Atlas occidental*. L'Anti-Atlas occidental est entièrement entouré à sa base par un étage à *Argania* représentant ici l'étage méditerranéen aride. Sur le versant sud cet étage et le Sahara se copénètrent, mais le désert n'atteint en aucun point l'Océan. Cet étage est floristiquement et physionomiquement caractérisé par ses traits tropicaux ou sahariens. A l'Arganier succède une Callirhaie formant l'étage méditerranéen semi-aride; celui-ci est nettement méditerranéen. Enfin, les régions élevées, les plus humides, sont couvertes de forêts de Chênes-verts constituant un étage méditerranéen tempéré typique. Cet îlot est la tache de végétation purement méditerranéenne la plus méridionale qui existe. — M. Georges Adam Nadson : *Sur les variations héréditaires provoquées expérimentalement chez les Levures*. Au moyen de la dissociation d'une culture pure sous l'influence des rayons X et du radium l'auteur a obtenu, chez diverses levures (*Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Torulopsis*, *Nadsonia*, *Sporobolomyces*, de nouvelles races stables du type des saltants, ce qui correspond aux mutants chez les organismes supérieurs. Les variations individuelles des cellules, en se stabilisant à la fois, en devenant héréditaires, donnent naissance à des races et peut-être même à des espèces nouvelles. Les stades de développement et les formes de crois-

sance se stabilisent, c'est-à-dire sont fixés par l'hérédité. On obtient ainsi, par exemple, des races qui se forment par la stabilisation des caractères séniles; ou encore des formes anormales et pathologiques se stabilisent et deviennent héréditaires de telle sorte que ce qui a été anormal chez les ancêtres devient normal dans la postérité. L'action du froid, de la chaleur, du chloroforme, des cyanures, etc., donne naissance à des races-saltants en tous points semblables aux races décrites. — M. Emile Miège : *La culture indigène de la Pomme de terre dans les zones montagneuses du Maroc*. La culture indigène de la Pomme de terre existe depuis longtemps dans les diverses régions montagneuses du Maroc, situées entre 850 et 1.700 mètres d'altitude. Elle est caractérisée par l'utilisation des mêmes semences, sans renouvellement et sans dégénérescence, avec deux récoltes annuelles et des rendements particulièrement élevés, malgré la fragmentation excessive des tubercules, malgré des irrigations abusives et sans aucun traitement anticryptogamique. Tout ceci plaide en faveur du rôle bienfaisant de l'altitude. — M. Léon Bertin : *Oxystomus de Rafinesque est une forme bien distincte parmi les larves leptocéphaliennes*. — M. Alphonse Labbé : *La fonction silicigène chez les Silicodermés*. Il y a chez les Silicodermés, un métabolisme de la silice, dont on a quelques données morphologiques, mais dont on ignore le mécanisme chimique. On peut supposer que, dans les silicates, l'acide silicique peut être déplacé de ses combinaisons par l'acide carbonique respiratoire. Le métabolisme des Silicodermés paraît totalement différent de celui des Eponges ce qui montre bien qu'une homologation, au point de vue de la silice, des divers animaux hétérotrophes avec les végétaux autotrophes et avec la silicose accidentelle est extrêmement discutable. — MM. James Basset, Stefan Nicolau et Michel-A. Macheboeuf : *L'action de l'ultrapression sur l'activité pathogène de quelques virus*. Les virus de la rage, de l'herpès, de la fièvre jaune, de la fièvre aphteuse et de l'encéphalo-myéélite enzootique (maladie de Borna) ont été soumis à l'action de l'ultrapression, pendant 30 minutes. Ils résistent tous à 2.000 atm. Le virus herpétique est inactivé à 3.000 atm.; celui de la fièvre aphteuse, en partie atténué par une pression de 3.000 atm. est rendu avirulent à 4.000 atm.; l'activité pathogène du virus rabique fixe est respectée à 3.000 atm., atténuée à 4.000 atm. et supprimée à 5.000 atm.; le virus amaril supporte une pression de 3.000 atm. sans perdre sa virulence enfin le virus de la maladie de Borna résiste à l'action de 6.000 atm. et devient inactif seulement après une exposition de 30 minutes à 7.000 atm. — M. Jacques Parrod : *Formation d'acide cyanhydrique et d'urée par oxydation du lévulose, en milieu ammoniacal, à la température du laboratoire*. L'oxydation du lévulose par l'hydroxyde cuivrique ammoniacal et l'oxygène de l'air, en présence de sulfite d'ammonium, à la température du laboratoire, fournit de l'acide cyanhy-



drique et très peu d'urée. Dans des conditions identiques, mais en l'absence de sulfite d'ammonium on ne peut déceler ces deux composés. Ils ne se forment pas non plus si l'on substitue du glucose au lévulose. Il est intéressant de voir que l'acide cyanhydrique et l'urée peuvent se former, à 18°, à l'aide de procédés d'oxydation peu violents. — **Mme Hélène Winogradsky** : *Sur la microflore nitrificatrice des boues activées*. La population nitrificatrice des boues activées diffère notablement de celle du sol. Elle est morphologiquement beaucoup plus variée, et ce sont nettement les formes coloniales (zoogléiques) qui y dominent, qu'il s'agisse de la nitritation ou de la nitratisation. Dans la présente Note, l'auteur relève les principaux caractères différentiels de ces formes nouvelles. — **M. E. Grasset** : *Résultats préliminaires sur le traitement de la tuberculose humaine au moyen de lysats vivants et formolés dérivés du B. C. G. et du B. Tuberculeux, et de sérums de chevaux immunisés avec ces antigènes*. La plupart des essais ont porté sur des Noirs (de race Bantou) dont on connaît la très grande sensibilité à la tuberculose. Un groupe de malades fut soumis à une série d'injections de sérum, provenant de chevaux immunisés par injection de lysats vivants et formolés ; un autre groupe fut soumis aux essais de traitement anti-génotherapique combiné de lysats formolés de souche acido-résistante, de lysats de souche non acido-résistante et de lysats vivants de B. C. G. Un troisième groupe fut soumis au traitement mixte, sérothérapique et antigénique et a permis les résultats les plus intéressants et les plus constants. Dans la plupart des cas, même chez des malades gravement atteints on a pu constater une augmentation de poids et une consolidation ultérieure de l'état général et organique.

Séance du 3 Juin 1935.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. S. Bernstein** : *Sur quelques propriétés extrémales des intégrales successives*. — **M. Husni Hamid** : *Sur les variétés réglées d'ordre supérieur*. — **M. S. de Backer** : *Une forme nouvelle des équations de la dynamique des gaz*. — **M. G. Durand** : *Sur la précision de la relation masse-luminosité d'Edington*. La relation masse-luminosité dépend surtout de la bonne détermination d'une des constantes  $K$  ou  $\chi$  en fonction de l'autre. — **M. J. Cabannes** : *Les raies rouges de l'oxygène dans le spectre du ciel nocturne*. Avec une pose de 8 h. 30 min., l'auteur a obtenu un spectre où la principale composante du triplet rouge de OI a pris une intensité remarquable. Dans la couche lumineuse de la haute atmosphère, l'azote est à l'état moléculaire, l'oxygène à l'état atomique. Une pluie d'électrons dont l'énergie ne paraît pas dépasser 7,1 volts excite les molécules de N et dissocie les molécules d'O.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. Em. Mathias** : *Sur la courbe du diamètre des densités*. La courbure de cette courbe varie proportionnellement à la température. Le point d'inflexion du diamètre peut être situé au-dessus du point critique (domaine gazeux :  $C_2H_5OH$ ) ou dans le domaine solide (alcool propylique et  $CO$ ), ou dans le domaine liquide ( $CH_3OH$ ). — **M. Ch. Bory** : *La convection naturelle des fils : existence d'un nouveau régime de*

*convection*. Pour les fils très fins ( $25$  à  $75 \mu$ ), le coefficient de convection varie beaucoup plus vite que l'inverse de la racine quatrième du diamètre, loi qui vaut pour les grands diamètres. C'est l'indice d'un nouveau régime de convection, en deçà du régime connu. — **M. P. Vernotte** : *Sur les lois de la convection*. L'auteur trouve que le produit du coefficient d'échange  $h$  des fils par la racine carrée du diamètre  $d$  est sensiblement constant dans des limites très étendues. Le premier régime de convection signalé par M. Bory est caractérisé par un coefficient de convection fonction linéaire de l'échauffement. Ce résultat peut être retrouvé en considérant la convection comme une simple perturbation apportée par la vitesse du fluide à la propagation de la chaleur par conduction. — **M. J. Villey** : *Sur le calcul de la perte énergétique à la combustion*. La nature de la perte énergétique apparaît ainsi : la combustion réversible prendrait de la chaleur à une série de sources de températures étagées entre  $\theta$  et  $T$ , et la reverserait à celle d'entre elles dont les températures sont supérieures à  $\theta$ . Elle créerait de ce fait la possibilité d'obtenir du travail en rétablissant la répartition de chaleur initiale au moyen de cycles de Carnot. — **M. L. Dubar** : *Influence des vapeurs et gaz occlus sur la conductivité électrique de l'oxyde cuivreux*. Cette conductivité diminue sous l'influence des vapeurs ou des gaz occlus, particulièrement de la vapeur d'eau. — **M. J. Genard** : *Action du champ magnétique sur les bandes d'absorption des molécules de soufre*. L'intensité de la plupart des bandes d'absorption est très fortement augmentée, mais à des degrés divers. Avec la dispersion moyenne employée, aucune modification des bandes ou de leur structure de rotation n'est observable. — **MM. F. Vlès et E. Heintz** : *Spectre infrarouge des substances protéiques*. D'une façon générale, les substances protéiques présentent, en dehors des bandes de l'eau directement repérables dans leur spectre, un assez grand nombre de bandes d'absorption propres, que l'on peut grouper en 3 régions : A, du visible à  $3,1 \mu$  ; B, de  $3,1$  vers  $5 \mu$  ; C, autour de la bande de l'eau  $6,2 \mu$ . — **MM. H. Muraour et G. Aunis** : *Sur l'accord entre les pressions calculées et les pressions expérimentales pour des mélanges explosifs donnant naissance à des gaz riches en vapeur d'eau*. L'utilisation des valeurs actuelles pour les chaleurs spécifiques des gaz à haute température et pour les constantes d'équilibre permet de calculer, avec une approximation remarquable, les pressions explosives pour des mélanges donnant naissance à des gaz riches en vapeur d'eau (explosifs à base de nitrate d'ammoniaque). Dans ces calculs, le covolume qui figure dans la formule d'Abel doit être pris égal à  $1/1080$  du volume spécifique et non à  $1/1000$ . — **M. M. Lecoïn** : *Sur le rayonnement  $\beta$  de l'actinium C', du mésothorium 2 et de l'uranium X<sub>1</sub> et ses dérivés*. L'énergie moyenne déduite pour ces trois corps est respectivement de 4,7, 4,2 et  $7,35 \cdot 10^5$  EV. — **Mme L.-S. Mathieu-Lévy** : *Etude spectrophotométrique de l'adsorption du cuivre en solutions ammoniacales par l'hydroxyde ferrique précipité*. Le cuivre se trouve adsorbé en partie sous forme de complexe, en partie sous forme d'hydroxyde colloïdal. Chacune de ses adsorptions présente un maxima. — **M. W. Heller** : *Le dosage de l'ozone*



atmosphérique par la fluorescéine. La méthode à la fluorescéine pourrait présenter des avantages décisifs vis-à-vis des méthodes iodométriques. Ces dernières donnent en effet, pour la concentration en ozone dans l'air atmosphérique, des valeurs trop élevées, puisque les composés oxygénés de l'azote, toujours présents, interviennent alors. — MM. **E. Elchardus** et **P. Lafitte** : *Sur la constitution des alliages Mg-Zn-Si riches en magnésium*. Les auteurs ont reconnu l'existence d'un système labile dû au siliciure instable  $Mg_4Si$  fondant à  $932^\circ$ . Ce composé forme dans le binaire Mg-Si un eutectique à 2,7 % de Si fondant à  $575^\circ$ . Il en résulte pour le ternaire Mg-Zn-Si la possibilité de deux systèmes, l'un stable, l'autre labile, dont les auteurs établissent les domaines d'existence. — Mme **L. Walter Lévy** : *Carbonates basiques de magnésium*. L'étude de la décomposition du sel double  $CO_3Mg \cdot CO_3K_2 \cdot 4H_2O$ , en vase clos, de  $100^\circ$  à  $200^\circ$ , par les solutions de carbonate et de bicarbonate de K, a permis de déceler l'existence de deux composés basiques nouveaux :  $8MgO$ ,  $K_2O$ ,  $5CO_2$ ,  $5H_2O$  et  $4MgO$ ,  $3CO_2$ ,  $3H_2O$ . — Mme **Z. Soubarew-Chatelain** : *Sur l'acide mannito-dimolybdique*. De l'acide molybdique monohydraté et de la mannite, dans le rapport 2 : 1, traités par l'eau à l'ébullition, donnent à la longue une liqueur limpide, qui laisse déposer par refroidissement des cristaux de  $Mo_2O_7H_2 \cdot C_6H^{14}O_6 \cdot H_2O$ , qui perdent  $H_2O$  à  $180^\circ$ . — M. **G. Richard** : *Contribution à l'étude des cétones  $\alpha$ -halogénées*. L'auteur montre l'existence chez certaines de ces cétones d'une tautomérie céto-énolique.

SCIENCES NATURELLES. — M. **Lucien Cayeux** : *Constitution des phosphates sénoniens de Palestine et de Transjordanie*. Ces phosphates sont apparentés à ceux de Syrie, mais ils en diffèrent beaucoup à plus d'un titre. Les différences tiennent avant tout au degré de fréquence des matériaux phosphatés, à une imprégnation bitumineuse, développée à une échelle très variable et à des modifications de composition et de structure d'origine dynamique (Transjordanie). Pourtant à eux tous ces phosphates constituent une province spéciale, distincte de la province anglo-parisienne, et caractérisée par trois traits dominants : nature indifférenciée et amorphe des grains phosphatés, fréquence des restes de tissu osseux, au point que le type microbrèche ossifère est très répandu, et rôle nul des Foraminifères dans la fixation du phosphate de chaux. Ces phosphates n'en sont pas moins des produits épigéniques du carbonate de chaux. — M. **S. Pavlovitch** : *Etude des gabbros de Zlatibor (Serbie occidentale)*. — M. **René Perrin** : *Le métamorphisme générateur de plissements*. Si les notions de « métamorphisme générateur de plissements » et de roches grenues formées à l'état solide étaient confirmées, elles apporteraient de profondes modifications dans la tectonique en général, et pour les Alpes, dans la conception et la division des nappes et pourraient changer l'âge attribué à certaines roches, peut-être même à certains massifs. — M. **Jean Lombard** : *Structure géologique de l'Oubangui-Chari central*. — M. **Gabriel Lucas** : *Sur l'âge des couches du Djebel Tenouchfi (département d'Oran)*. — M. **Jean Dresch** : *Sur les for-*

*mations récentes du Haouz de Marrakech*. — M. **Paul Delean** : *Sur les facies du Crétacé inférieur de la région d'Hamam Meskoutine (Constantine)*. — M. **Georges Denizot** : *La tectonique de la Nerthe et de l'Etoile, près Marseille*. La Nerthe et l'Etoile dérivent d'un pli couché. Un grand flanc méridional, ascendant depuis le bord du Bassin de Marseille, a refoulé devant lui un mince faisceau de plis aigus, varié d'un point à l'autre et se déversant sur la bordure du bassin supracrétacique. A l'Est, ce faisceau se réduit : dès Saint-Savournin, tout se ramène au recouvrement de la bordure sur 1.500 mètres avec interposition de couches renversées et étirées. Dans l'axe, le Trias présente ses anomalies habituelles. — M. **Georges Corroy** : *L'enracinement des massifs hercyniens des environs de Toulon*. Les massifs hercyniens de la côte toulonnaise sont enracinés. Ils apparaissent sous la forme de dômes ou de lames plus ou moins élargies crevant le manteau des sédiments permotriasiques, qu'ils chevauchent parfois localement. Dès lors, la presqu'île de Saint-Mandrier ne paraît pas correspondre à une fenêtre. — MM. **René Maire** et **Ernest Wilczek** : *Sur la végétation du Sahara occidental*. — M. **William-Henri Shopffer** : *Généralisation de l'action auxogène de la vitamine B<sub>1</sub> sur un microorganisme*. Un échantillon de vitamine B<sub>1</sub> cristallisée exerce sur *Phycomyces blakesleeanus* et quelques autres Mucorinées une action très nette. Des expériences ont montré que cette action ne peut être attribuée à une impureté : il s'agit d'une intervention particulière de la vitamine, indispensable au microorganisme pour effectuer la synthèse de ses propres facteurs de croissance. — MM. **Robert Bonnet** et **Raymond Jacquot** : *Evolution des milieux de culture dans la croissance du Sterigmatocystis nigra en fonction de l'âge du mycélium*. Les auteurs ont cherché à savoir si les acides citrique et oxalique qui se forment dans le milieu de culture de *St. nigra*, n'étaient pas intimement liés à sa croissance et s'ils n'apparaissent pas obligatoirement au cours du développement normal de ce mycélium. Ils ont constaté que l'acide citrique, décelé dans tous les modes de culture, constitue un terme indispensable du métabolisme du glucose en même temps qu'un aliment efficace. L'acide oxalique, au contraire, est un déchet inutilisable et sa formation semble due à un épiphénomène, qui n'intéresse pas la croissance du Champignon. — M. **Raoul Combes** : *La nutrition azotée de la fleur*. Dans le calice pétaloïde et dans la corolle du Lis, dès l'épanouissement, la protéogénèse intense qui s'était maintenue jusqu'alors cesse brusquement et fait place à une protéolyse rapide en même temps que la migration des matériaux azotés change de sens. Chez les étamines la protéolyse et le départ des substances azotées qui en résultent commencent déjà dans le jeune bouton en voie de pigmentation ; par contre le gynécée continue à s'enrichir en azote après que les pièces extérieures de la fleur sont flétries. Pourtant l'azote qui abandonne le périanthe et l'androcée semble passer pour la plus grande part dans la tige feuillée. Tous ces phénomènes se produisent avec une extrême rapidité. — M. **René Souèges** : *Embryogénie des Rosacées. Développement de l'embryon chez le Potentilla reptans L.* — M. **Charles Chabrolin** : *Germina-*



tion des graines et plantes-hôtes de l'Orobranche de la Fève (*Orobranche speciosa* DC). La germination des graines de l'Orobranche *speciosa* sous l'influence des racines de nombreux Phanérogames est un phénomène indépendant des phénomènes ultérieurs qui règlent les relations entre le parasite et ses hôtes divers. Il existe notamment des espèces, telles que l'*Astragalus boeticus* et le *Linum usitatissimum*, qui font germer les graines de l'Orobranche *speciosa* de la Fève et qui n'assurent qu'un développement ultérieur très lent et très limité du parasite. Ces espèces constituent des plantes pièges qui permettent d'envisager la lutte contre les Orobranches sous un angle nouveau. — M. **Emile Miège** : *Influence du froid sur la conservation et la productivité de la Pomme de terre*. Le froid (maintenu à + 4° ou 5° C pendant plusieurs mois) a exercé, sur les tubercules de toutes les variétés de pommes de terre examinées, une action particulièrement favorable, qui s'est traduite par un accroissement général et considérable de leur productivité (dépassant parfois 100 pour 100) et par une conservation parfaite, qu'il a été impossible d'obtenir par d'autres procédés, et même en montagne. — M. **Louis Joubin** : *Sur les Céphalopodes planctoniques de l'Océan Atlantique (croisières du Dana, 1921-1922)*. De l'examen des très nombreux échantillons examinés, il résulte que les Céphalopodes planctoniques sont, non pas des animaux rares, comme on était en droit de le penser, mais au contraire des animaux abondants, très prolifiques, dont les larves peuplent en foule les eaux éclairées de l'Océan Atlantique. — M. **Raoul Lecoq** : *Peut-on, dans une ration équilibrée, substituer aux glycérides les acides gras qui leur correspondent ?* Il n'est pas possible de substituer aux glycérides d'un régime équilibré les acides gras correspondants sans déséquilibrer ce régime, provoquant chez le Pigeon qui le reçoit l'apparition de crises polynévritiques suivies de mort, malgré l'addition, sous forme de levure de bière, de doses élevées de vitamines B. Il semble que la juxtaposition des acides gras et du glycérol dans une ration ne puisse remplacer la présence de ces mêmes corps en combinaison intime sous la forme de glycérides. Il n'est pas impossible qu'une substance essentielle soit entraînée au cours de l'extraction par saponification des acides gras employés. — MM. **D. Nachmanson**, **J. Wajzer** et Mlle **Ruth Lippmann** : *L'effet de l'adrénaline sur le métabolisme du muscle isolé*. L'hormone de la surrénale exerce une influence directe et spécifique sur le métabolisme énergétique de la cellule musculaire, consistant en une accélération de la formation d'acide lactique. Le phosphagène n'est d'abord pas touché ; ce n'est qu'après la décomposition d'une grande partie du phosphagène que la resynthèse est accélérée grâce à l'énergie fournie par l'augmentation de la formation d'acide lactique. De ce fait,

on peut expliquer, pourquoi l'augmentation du travail par l'adrénaline ne se produit que sur le muscle fatigué.

— Mme **Véra Dantchakoff** : *Sur l'inversion sexuelle expérimentale de l'ébauche testiculaire, chez l'embryon du poulet*. Tout embryon de poulet réalise invariablement le sexe femelle à la suite de l'introduction dans son organisme de l'hormone femelle progynon. : parmi les 36 embryons traités au progynon, on a obtenu que des femelles, la curieuse asymétrie des gonades femelles étant réalisée dans les embryons primitivement mâles ainsi traités. Les résultats obtenus révèlent une plasticité et une polyvalence remarquables des ébauches embryonnaires mâles, le dynamisme formidable du groupement moléculaire de la substance introduite et permet de pénétrer un peu plus profondément dans l'« énigme du gène ». — M. **Victor Plouvier** : *Recherches sur l'isomérisation d'hétérosides cyanogénétiques*.

— M. **Michel-A. Macheboeuf** et **Henry Cassagne** : *Etudes chimiques sur le bacille diphtérique. Extraction fractionnée des lipides du bacille ; séparation de la fraction haptène ; présence de savon dans les corps bacillaires*. — MM. **Albert Goris** et **Henri Canal** : *Sur la présence de la 2-oxy-5-méthoxyacétophénone dans l'essence de rhizomes de Primula aculis Jacq.* — MM. **François Rathery**, **Louis Roy** et **Michel Conte** : *Les variations spontanées de la courbe glycémique du diabétique*. La courbe de la glycémie subit, dans les 24 heures d'importantes oscillations chez les diabétiques ; ces oscillations sont spontanées et se produisent en dehors de tout facteur extérieur (alimentation, sommeil, etc.). Elles ne se produisent pas suivant un type uniforme ; la courbe glycémique diffère non seulement d'un diabétique à un autre, mais elle se modifie chez un même malade. Ces faits témoignent de l'existence de modifications à très court terme, dans le métabolisme glucidique, chez le diabétique ; elles sont importantes à connaître pour l'administration correcte de l'insuline ; malheureusement, elles sont individuelles et n'obéissent à aucune règle fixe. — MM. **Jean Cuillé**, **Chelle** et **Berlureau** : *Existence en France d'une anaplasmoïose bovine d'origine indigène*. Il existe en France, dans la région du Sud-Ouest, une anaplasmoïose bovine indigène non encore signalée. Cette affection ne paraît pas présenter dans cette région, la gravité qu'elle a dans d'autres pays. La maladie expérimentale s'est traduite par une anémie intense, avec amaigrissement et hyperthermie passagère ; mais à aucun moment la vie des animaux n'a été en danger. — MM. **Antonin Gosset** et **Ivan Bertrand** : *Utilisation d'un segment de moelle comme greffon hétéroplastique de nerfs périphériques*.

Le Gérant : Gaston Doix.